

Venla Määttä

LIIKENTEEEN SUJUVUUDEN PARANTAMINEN TIETYÖMAILLA

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Markus Pöllänen
Tarkastaja: Heikki Liimatainen
Marraskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Venla Määttä: Liikenteen sujuvuuden parantaminen tietyömailla
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Marraskuu 2019

Työn tavoitteena oli Uudenmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta tutkia mahdollisuuksia tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden parantamiseksi sekä edellytyksiä tietyömaiden valtakunnallisen sujuvuusmittarin kehittämiseksi. Työ toteutettiin monimenetelmällisenä tutkimuksena, jossa tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuus-, haastattelu- ja tapaustutkimusta. Kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin, miten liikenteen sujuvuus käsitteenä on aiemmissa selvityksissä määritelty. Lisäksi kirjallisuuden avulla taustoitettiin haastattelututkimusta ja haettiin vahvistusta haastattelututkimuksessa ilmenneille asioille. Haastattelututkimuksessa selvitettiin maantietyömaiden parissa toimivien tilaajan ja urakoitsijoiden edustajien näkemyksiä nykyisistä toimintatavoista sekä niiden mahdollisista kehitystarpeista erityisesti liikenteen sujuvuuden kannalta. Tapaustutkimus koostui päälylystystyömaalle toteutetuista mittausjärjestelyistä, joilla pyrittiin selvittämään ajoneuvotunnistuksen avulla päälylystystyömaan aiheuttaman viivytyksen suuruutta ja sen vaihtelua eri ajoneuvojen, vuorokaudenaikojen ja viikonpäivien välillä.

Liikenteen sujuvuus osoittautui terminä monitulkintaiseksi ja sen tarkempi määritelmä riippuu tarkastelunäkökulmasta. Sujuvuustekijöitä on lukuisia, joista tärkeimpiä ovat tienkäyttäjän tavoitenopeus tai -aika, matkanopeus, liikennemäärä ja olosuhdetekijät kuten tien ominaisuudet, keli tai liikenteenohjausratkaisut. Sujuvuutta voidaan tarkastella järjestelmätasolla erilaisin mittarein tai selvittää tienkäyttäjien kokemuksia haastatteluin ja kyselyin. Pyrittäessä parantamaan tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta ovat arvioinnin kohteena myös vaikutukset työntekijöiden ja liikenteen turvallisuuteen sekä tietyömaan toteuttamiskustannuksiin.

Tässä työssä haastatellut urakoitsijat ja ELY-keskuksen edustajat eivät ole kokeneet liikenteen sujuvuutta tietyömailla ongelmaksi. Haastatteluissa kuitenkin nousi esille liikenteen sujuvuutta tietyömailla suoraan tai välillisesti parantavia ratkaisuja. Selkeimmät haastatteluissa esiin nousseet sujuvuutta parantavat ratkaisut, jotka eivät heikennä turvallisuutta tai nosta juurikaan kustannuksia, ovat siltatyömaan liikennevalo-ohjauksen optimointi sekä nopeusrajoitusten nostaminen työaikojen ulkopuolella ohjeiden mukaisesti. Joidenkin haastateltujen hyväksi kokemien ratkaisujen toimivuutta ei ole arvioitu tai raportoitu aiemmissa tutkimuksissa. Tällaisten ratkaisujen hyödyt, haitat ja kustannukset tulisi selvittää riittäväällä tarkkuudella, jotta ratkaisun käyttö tai poisjättäminen olisi läpinäkyvää ja perusteltua.

Sujuvuusmittari mahdollistaisi tarkemmat kohdekohtaiset ja ennen kaikkea perustellut aikarajoitukset tietyömaakohteissa työskentelylle. Lisäksi sen myötä olisi mahdollista kehittää tilaajan bonus- ja sanktiomenettelyjä, jotta voidaan varmistua työn toteuttamisesta vaatimusten ja sopimusten mukaisesti. Sujuvuustiedon tuottaminen on välttämätöntä liikenteen sujuvuutta tietyömaalla kuvaavan mittarin muodostamiseksi. Suurin haaste sujuvuusmittarin muodostamisessa on työmaiden keskinäinen erilaisuus ja sen vuoksi mittarin muodostamisen edellytykset tulee tutkia perusteellisesti.

Ajoneuvotunnistukseen perustuvalla konenäköanalyysillä tuotetun mittausjärjestelyn tekniikka osoittautui riittämättömäksi tulosten muodostamiseen tässä tutkimuksessa. Näin ollen mittauksia ei saatu ja tapaustutkimuksen tuloksiksi jäivät liikennedatan analysoinnin sijaan kehitys- ja jatkotutkimustarpeet seuraavia mittauksia ajatellen. Todennäköisesti työssä toteutetulla mittauksella voitaisiin kuitenkin parannustoimenpiteiden jälkeen tuottaa tietoa viivytyksistä.

Avainsanat: liikenteen sujuvuus, liikenne, tietyömaa, liikenteenohjaus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Venla Määttä: Improving Flow of Traffic at Road Construction Sites
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Civil Engineering
November 2019

The aim of this thesis was to study the possibilities for improving flow of traffic at road construction sites and the preconditions for developing an indicator for traffic flow at road construction sites. The work was carried out as a multi-method study using a literature study, interviews and case studies as research methods. The literature study clarified how traffic flow as a concept has been defined in previous studies. The interview study explored the views of the representatives of road authority and contractors of roadworks and their potential development needs, particularly in terms of traffic fluidity. The case study consisted of measuring arrangements made at a paving construction site to determine the extent of the delay caused by the construction site and variation of the delay between vehicles and related to time of day and day of the week by automatic vehicle identification (AVI).

Traffic fluidity proved to be an ambiguous term and its more precise definition depends on the perspective used. There are many factors of fluency, the most important of which are road user's target speed or time, the traveling speed, the amount of traffic and the circumstances, such as road conditions and permanent traffic management solutions. Flow of traffic can be examined at the system level by various metrics, or surveying road users' experiences through interviews and surveys. In an effort to improve the fluidity of traffic at a road construction site, the impact of fluency enhancement measures on the occupational safety and traffic safety as well as on the cost of implementing the site will be evaluated.

The interviewees have not experienced flow of traffic on roadworks as a problem. The interviews resulted in recognizing solutions that directly or indirectly improve flow of traffic on road construction sites. One of the top solutions to improve traffic flow that does not compromise safety or increase costs is the optimization of traffic light control on bridge restoration sites and the increase of temporary speed limits outside work hours, as instructed. The effectiveness of some solutions has not been evaluated or reported. The benefits, drawbacks, and costs of these solutions should be determined with sufficient accuracy to decide transparently and justify whether to implement or not to implement the solution.

An indicator of traffic flow would allow more detailed site-specific and, above all, justified time limits for working on road construction sites. It would also make it possible to develop bonus and sanction procedures for the road authority to make sure that the road construction is carried out correctly. Generating traffic flow data is a prerequisite for creating a measure of fluidity of traffic on a road construction site. The biggest challenge in creating an indicator of traffic flow is the variability of the sites and therefore the conditions for setting up the indicator need to be thoroughly investigated.

In the case study, the technique of a measuring arrangement based on vehicle identification proved to be insufficient to generate results in this study. As a result, no measurement results were obtained and, instead of traffic data analysis, the case study resulted in recognizing needs for further development and studies related to measurements. However, it is likely that the way in which the measurements of this study were carried out could provide information on delays after development.

Keywords: traffic flow, traffic, road construction site, traffic control

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä Uudenmaan ELY-keskukselle diplomityönä tehty selvitys on laadittu Tampereen yliopiston opinnäytteenä vuonna 2019. Työn tarkastajina toimivat Markus Pöllänen ja Heikki Liimatainen Tampereen yliopiston Liikenteen tutkimuskeskus Vernestä.

Kiitos Uudenmaan ELY-keskuksen kunnossapitoyksikön päällikölle Tuomas Vasamalle innostuksesta diplomityöaiheen löytämiseksi, mielenkiintoisesta aiheesta sekä hyvästä yhteistyöstä ja työpanoksesta erityisesti koekohteen mittausjärjestelyjen suunnittelussa. Kiitos työn ohjaajalle Markus Pölläselä erinomaisesta ohjauksesta ja kaikista työn aikana saaduista kommentteista. Kiitos myös esimiehelleni Minna Weurlanderille kommentteista ja ennen kaikkea kannustuksesta työn loppusuoralla.

Tampereella, 7.11.2019

Venla Määttä

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Tavoitteet ja rajaus	2
1.3 Tutkimusmenetelmät ja -aineistot	3
1.4 Työn rakenne	6
2. TIETYÖMAAT MAANTEILLÄ	8
2.1 Valtion toimijat maantieympäristössä	8
2.2 Tietyömaita koskeva lainsäädäntö ja ohjeistus	9
2.3 Työn tilaaminen ja urakan toteuttaminen sekä eri osapuolten roolit	11
2.4 Sillankorjaus- ja päällystystyöt	14
3. MAANTIETUUKSEN SUJUVUUS TIETYÖMAALLA	20
3.1 Suomen maanteiden välityskyky	20
3.2 Liikenteen sujuvuus	23
3.3 Liikenteen mallintaminen ja liikennetietojen mittaaminen	27
3.4 Liikenteen sujuvuustekijät tietyömaalla ja niihin vaikuttaminen	31
3.5 Näkemyksiä liikenteen sujuvuudesta päällystystyömaalla	34
3.6 Liikenteenhallinta ja tietyömaista tiedottaminen	35
3.7 Yhteenveto	39
4. TIETYÖMAAN AIHEUTTAMAN SUJUVUUSHAITAN VÄHENTÄMINEN	40
4.1 Käytössä olevia toimintatapoja	40
4.2 Potentiaalisia ratkaisuja	43
4.3 Tilaajan toiminnan ja sopimuskäytäntöjen kehittäminen	51
4.4 Tiedottamisen tehostaminen	58
4.5 Haastattelujen koonti ja pohdinnat	61
5. SUJUVUUSTIETO TIETYÖMAAN LÄPI KULKEVASTA LIIKENTEESTÄ	64
5.1 Sujuvuustiedon tuottamisen ja raportoinnin nykytila	64
5.2 Sujuvuusmittarin kehittämismahdollisuudet	65
5.3 Liikenteen viivytysten mittaaminen	68
5.4 Liikennemittaukset vt13:n päällystystyömaalla	71
6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	77
6.1 Tavoitteiden toteutuminen	77
6.2 Tutkimuksen arviointi	80
6.3 Jatkotutkimustarpeet	83
LÄHTEET	85

Liite A. Haastatteluaineisto

Liite B. Esimerkki päällystystyömaan järjestelyistä

Liite C. Esimerkki sillankorjaustyömaan järjestelyistä

Liite D. Maanteiden liikennemäärät kartalla

Liite E. Haastatteluissa esitettyjen keinojen vaikutuksia

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Ajokaista

Tiimerkinnöin osoitettu tai muu autolle riittävän leveä ajoradan pituussuuntainen osa (Tieliikennelaki 2018).

Ajorata

Ajoneuvoliikenteelle tarkoitettu, yhden tai useamman ajokaistan käsittävä tien osa pyörätietä lukuun ottamatta (Tieliikennelaki 2018).

Huipputunti (HT)

Se tunnin ajanjakso vuorokaudesta, jolloin tarkastelukohteen liikennemäärä on korkeimmillaan. Yleensä joko aamuhuipputunti (AHT) tai iltahuipputunti (IHT). (Liikennevirasto 2013b.) Kapasiteettitarkasteluissa käytetään usein teoreettista vuoden 50., 100. tai 300. huipputunnin liikennemäärää (Kiiskilä et al. 2016).

ITS (engl. intelligent transport systems and services)

Tietojenkäsittely- ja tietoliikennejärjestelmien ja -palveluiden soveltaminen liikenteeseen ja liikenneinfrastruktuuriin. Suomeksi myös älyliikennejärjestelmät ja -palvelut. (Trafikverket et al. 2018.)

Kaista

ks. ajokaista

Kaistavaraus

Tietyn vuoksi mahdollista työmaaliikennettä lukuun ottamatta liikenteen käytöstä poistettu ajokaistan osuus. Päälystystöissä kaistavarauksesta käytetään myös termiä ohjausväli.

Kaksiajoratainen tie

Tie, jolla on erilliset ajoradat vastakkaisiin suuntiin kulkeville liikennevirroille. Ajoradat erotetaan toisistaan keskialueella tai keskikaiteella. (Liikennevirasto 2015b.)

Kapasiteetti

Liikenneyksiköiden suurin määrä aikayksikössä, jonka tien tai kaistan voidaan olettaa jatkuvasti välittävän vallitsevissa tie-, ympäristö-, liikenne- ja ohjausolosuhteissa (Trafikverket et al. 2018). Ilmaistaan esimerkiksi ajon./h. Myös välityskyky.

Keskivuorokausiliikenne (KVL)

Vuoden keskimääräinen vuorokautinen liikennemäärä (Kiiskilä et al. 2016). Ilmoitetaan muodossa ajon./vrk.

Liikennejärjestelyt, liikenteen järjestelyt

Liikennealueella toteutettavat toimenpiteet, joilla varmistetaan liikenteen sujuvuus ja turvallisuus. Työkohteessa liikenteen järjestelyillä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla varmistetaan työkohteen työ- ja liikenneturvallisuus sekä liikenteen sujuvuus. (Liikennevirasto 2014.)

Liikennemäärä

Tietyn tienkohdan sivuuttaneiden liikenneyksiköiden lukumäärän odotusarvo aikayksikössä (esim. ajon./h). Termiä käytetään usein myös tarkoittamaan lasketua liikennemäärää. (Luttinen et al. 2005.)

Liikennetiedottaminen

Tiedon tarjoamista liikenteestä. Tieto voi koskea esimerkiksi liikenteen sujuvuutta ja häiriöitä, pysäköintiä, joukkoliikennettä tai kävelyä ja pyöräilyä. Liikennetiedottamisella pyritään tehostamaan liikenteenohjausta, tasaamaan kuormitushuippuja sekä välttämään järjestelmän häiriötilanteita ja riskejä.

Liikennöitävyys

Liikennevirran ajamisolojen laadullinen mitta, joka perustuu palvelutekijöihin, kuten nopeus, tiheys, viivytys, matka-aika, ohjaamisen vapaus, liikennehäiriöt ja liikumisen mukavuus. Myös palvelutaso (Trafikverket et al. 2018.)

Liikenteenhallinta (myös liikenteen hallinta)

Liikennevirtojen (ihmis-, ajoneuvo- ja tavaravirtojen) hallinta kysynnän hallinnan toimilla, liikennetiedolla, liikenteenohjauksella ja muilla keinoilla. Joukko erilaisia toiminnallisia kokonaisuuksia, joiden avulla voidaan saavuttaa liikennejärjestelmälle asetetut liikenteelliset tavoitteet. (Schirokoff et al. 2013; Trafikverket et al. 2018.)

Liikenteen häiriö(tilanne)

Epätavallinen liikennetilanne. Tieverkolla tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset tietyöt, liikenneonnettomuudet, rikkoutuneet liikennevalot ja muut laitteet sekä poikkeukselliset sääolosuhteet. (Kalliokoski et al. 2004.)

Liikenteen informatiikka

ks. liikenteen telematiikka

Liikenteen kysyntä

Tienkohtaan pyrkivien liikenneyksiköiden määrä aikayksikössä (esim. ajon./h), ts. liikennemäärä, kun välityskyky oletetaan äärettömäksi (Luttinen ym. 2005).

Liikenteenohjaaja

Henkilö, joka vastaa liikenteenohjauksesta manuaalisesti käsimerkein tai hallinnoimalla liikennevaloja. Liikenteenohjaajina toimivat tietyömaaympäristössä asianomaisen viranomaisen tehtävään määräämät henkilöt (Liikennevirasto 2014).

Liikenteenohjaus

Liikenteenohjauslaittein tai liikenteenohjaukseen valtuutetun henkilön toimesta tapahtuva liikenteen ohjaaminen tarkoituksena saada liikenne noudattamaan esimerkiksi sille osoitettua reittiä ja nopeusrajoitusta.

Liikenteenohjauslaite

Liikennemerkit, liikennevalot ja muut liikenteen ohjaamiseksi tarkoitetut laitteet ja tiemerkinnot (Liikennevirasto 2014).

Liikenteenohjaussuunnitelma

Suunnitelma liikenteenohjaamisessa tarvittavien laitteiden sijoittamiseksi liikenneväylälle. Liikenteenohjaussuunnitelma on lupahakemukseen tiealueella tehtävästä työstä liitettävä selostus ja kaavio liikennejärjestelyistä hakemuksen kohteena olevasta paikasta. Suunnitelmassa esitetään kaikki liikennemerkit ja sulkuja ja varoituslaitteet sijaintitietoineen sekä mahdolliset työturvallisuuden vaatimat kaideratkaisut. (Liikennevirasto 2014.)

Liikenteen telematiikka

Joukko ITS:n toteuttamiseksi sovellettavia tietojenkäsittely- ja tietoliikennetekniikoita (Trafikverket et al. 2018).

Maantie

Valtion omistama yleiselle liikenteelle osoitettu tie, jonka ylläpitämisestä valtio huolehtii (Liikennevirasto 2014).

Ohjausväli

Kaistavarauksen (ks. kaistavaraus) kummassakin päässä olevien liikenteenohjauslaitteiden, esimerkiksi sulkuaitojen, välinen matka.

Palvelutaso

ks. liikennöitävyys

Palvelutasomittari

Palvelutason määrittämisessä käytetty liikennevirran sujuvuutta kuvaava mittari, esimerkiksi ohjausviive, liikennetiheys (Luttinen et al. 2005).

Sujuvuus

Liikenneverkon kyky palvella liikennettä (Luoma 1998).

Sulkulaite

Liikenteenohjauslaite, jota käytetään tien sulkemiseen osittain tai kokonaan tiellä tehtävän työn tai muun syyn vuoksi (Liikennevirasto 2014).

TMA (Truck Mounted Attenuator)

Ajoneuvoon tai hinattavaan laitteeseen kiinnitettävä törmäysvaimennin (Liikennevirasto 2015b).

Toimintaympäristöluokka

Tietyömaiden sulkua ja varoituslaitteissa käytettävä koko- ja laatuvaatimusten mukainen jaottelu. Toimintaympäristöluokat ovat S3, S2 ja S1. Käytettävään toimintaympäristöluokkaan vaikuttavat tien liikennemäärä ja toiminnallinen luokitus. Tien toiminnallinen luokitus eli jako tieluokkiin on maanteillä (runkotie,) valtatie, kantatie, seututie ja yhdystie. (Liikennevirasto 2015b.)

Työkohde

Työmaa-alueen sisällä oleva alue, jolla työtä tehdään. (Liikennevirasto 2015b.)

Työmaa-alue

Työmaa-alue kattaa kokonaan sen alueen, jolle liikennejärjestelyjä on tehty eli tietyömerkein rajattu alue. (Liikennevirasto 2015b.)

Viive, viivytys

Matka-ajan lisäys verrattuna matka-aikaan vapaan liikennevirran olosuhteissa tietyssä kohteessa (Trafikverket et al. 2018).

Välityskyky

ks. kapasiteetti

Yksiajoratainen tie

Tie, jolla on yksi yhteinen ajorata vastakkaisiin suuntiin kulkeville liikennevirroille (Liikennevirasto 2013c).

Älyliikennejärjestelmät ja -palvelut

Suomenkielinen vastine termille ITS. Ks. ITS.

1. JOHDANTO

Liikenneväylien liikennöitävyyden säilyttäminen edellyttää kunnossapitoa. Kunnossapidon ja kehittämistoimienkin aikana liikenteellinen saavutettavuus tulee säilyttää. Saavutettavuuden mahdollisimman hyvä taso myös tietöiden aikana on tärkeää kansalaisille, jotta nämä pääsevät helposti haluamaansa paikkaan ja etenkin elinkeinoelämän kuljetuksille niiden aika-, ajoneuvo- ja polttoainekustannusten kasvun hillitsemiseksi.

Tietyömaiden toteutuksessa huomioidaan ensisijaisesti työntekijöiden ja tiellä liikkuvien turvallisuus, mikä on perusteltua suurempien ja välittömämpien riskien vuoksi. Kuitenkin tietyömaan aiheuttaman haittavaikutuksen minimointi työmaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuteen ja sitä kautta alueelliseen ja valtakunnalliseen saavutettavuuteen on tärkeää ja tieviranomaisen pyrkimyksenä. Työn tehokkaan toteutuksen, turvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden yhteensovittaminen on haastavaa taloudellisten resurssien ollessa rajalliset.

1.1 Työn tausta

Uudenmaan ELY-keskus on tämän diplomityön tilaajana tunnistanut tarpeen tietyömaiden läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden parantamiseen ja sen liikennevirran liikenteenohjauksen tehostamiseen. Parantamistarve ilmenee liikenteen ruuhkautumisena ja pitkänä odotusaikoina tietyömaan kohdalla. Ongelmien syyt voivat johtua puutteellisista tiettyökohteen lähtötiedoista suunnitteluvaiheessa esimerkiksi liikennemäärissä ja liikenteen vaihtelussa tai kohteen ominaisuuksissa kuten ajoradan leveys tai tarkemman tiedon puutteesta työmaan aikana.

Tieliikenteen sujuvuutta on käsitelty suomalaisissa julkaisuissa jonkin verran. Osa julkaisuista käsittelee tieverkon liikenteellistä sujuvuutta laajemmin (esim. Kiljunen & Summala 1998), osa liikenteen sujuvuutta tietyömaihin ja muihin liikenteen häiriötilanteisiin liittyen ja osa lähinnä sujuvuutta terminä (Luoma 1998; Nevala et al. 2003; Niinikoski et al. 2008). Tietyömaiden sujuvuutta on käsitelty muun muassa julkaisuissa Liikenteen sujuvuus tietyömaalla (Tielaitos 1999), Tietyömaiden liikennehaittojen arviointi – S12 Pääteiden parantamistratkaisut (Tielaitos 2000), Tietyömaiden ja muiden tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutukset (Kalliokoski et al. 2004) ja Ajonopeudet ja välityskyky tietyömaiden kohdilla – Mittaukset kahdessa siltatyökohteessa (Ojala, Tuovinen & Enberg 2007).

Selvityksissä on tutkittu tietyömaan vaikutuksia työmaan läpi kulkevaan liikenteeseen simuloinnin kautta, jolloin tarkastelussa joudutaan tekemään jo simulointimalliin syötettävien tietojen ja siten myös tarkastelun tulosten osalta runsaasti oletuksia ja arvioita. Ojala, Tuovinen & Enberg (2007) ovat muista 2000-luvun selvityksistä poiketen tutkineet liikenteen sujuvuutta kenttätutkimuksin. Tarkastelu on toteutettu siltatyökohteessa ja siinä on tarkasteltu ajonopeuksia ja työmaan välityskykyä. Edellä esitettyjä selvityksiä on hyödynnetty jossain määrin työssä. Tekniikan kehittymisen vuoksi selvitykset ovat kuitenkin monilta osin auttamatta vanhentuneita.

Aiemmissa selvityksissä on tunnistettu tieto- ja toimintatarpeita liikenteen sujuvuuden parantamiseksi yleisesti. Monia verkostollista sujuvuutta parantavia toimenpiteitä onkin 2000-luvulla toteutettu, kuten digitaalisten, vaihtuvien nopeusrajoitusmerkkien asentaminen päätieverkolle ja kiinteiden liikennevalojen ohjauksen tehostaminen. Kuitenkaan tietyömailla tekniikan tuomia mahdollisuuksia ei diplomityön tilaajan, Uudenmaan ELY-keskuksen, mukaan ole kunnolla hyödynnetty tai edes tarkasteltu. Tilaajalla on tarve myös selkeämmille liikenteen sujuvuutta kuvaaville mittareille tietyömaalla, jotta toimintatapoja pystyttäisiin kehittämään ja tietyömaan aiheuttamia liikenteellisiä vaikutuksia tarkastelemaan.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on löytää keinoja, joilla voidaan vähentää liikenteen sujuvuudelle tietyömaasta aiheutuvaa haittaa. Keinoina voivat olla uudenlaiset käytännöt tai tekniikan hyödyntäminen. Hyödynnettävä tekniikka voi olla jo olemassa tai muokattavissa tähän tarkoitukseen.

Työssä pyritään kartoittamaan tietöiden tilaajien ja toteuttajien näkemyksiä tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden toteutumisesta ja parantamisesta. Näin Uudenmaan ELY-keskus saa selvitystyön tilaajana hyödyllistä tietoa tietyömailla toimivien henkilöiden sekä urakoiteja tilaavien henkilöiden näkemyksistä tietyöurakoissa käytettävistä toimintatavoista ja tietyömaiden läpi kulkevan liikenteen sujuvuudesta. Työssä on myös tarkoitus kerätä mittaustietoa nykykäytäntöjen toimivuudesta ja liikenteen sujuvuudesta erilaisissa tilanteissa päälystystyömaalla. Mittaustieto on arvokasta, koska aiemmissa liikenteen sujuvuutta tietyömailla koskevissa selvityksissä tulokset viivytyksistä ja aikakustannuksista on saatu simuloimalla eikä kenttätutkimuksia ole juurikaan tehty. Mittaustiedon pohjalta arvioidaan, onko mahdollista muodostaa luotettava arvio tietyömaan aiheuttamalle viivytykselle ja selvitetään, olisiko työmaan sujuvuutta kuvaavalle mittarille edellytyksiä. Pidemmällä tähtäimellä mittarin avulla voisi olla mahdollista tarkentaa työlle ase-

tettuja aikarajoituksia eli mihin aikaan kohteessa työskentely on sallittu sekä yhdenmu-
kaistaa aluekohtaisia eroja tilaajan toiminnassa. Tämän työn puitteissa ei kuitenkaan ole
realistista luoda sujuvuudelle mittaria siinä laajuudessa, että tietyömaille asetettuihin ai-
karajoituksiin voitaisiin ottaa valtakunnallisesti kantaa.

Tavoitteena on, että diplomityön tilaajana toimiva Uudenmaan ELY-keskus pystyy pa-
rantamaan tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta työssä tarkasteltujen keinojen
avulla. Tuloksista voi olla hyötyä paitsi muille ELY-keskuksille, myös esimerkiksi kaupun-
geille katuverkolla toteutettavien töiden tilaajina tai urakoitsijoille, jotka voivat hyödyntää
tuloksia tietyömaiden toimintatavoissa. Parhaassa tapauksessa löydetään keinoja, jotka
on mahdollista ottaa heti käyttöön. Ne ovat kohtalaisen helposti ja kustannustehokkaasti
toteutettavissa ja liikenteen sujuvuus tietyömailla paranee välittömästi. Työssä pyritään
vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

PÄÄKYSYMYKSET: Millaisilla keinoilla liikenteen sujuvuutta tietyömailla voidaan parantaa?

Alakysymykset:

Mitkä tekijät vaikuttavat liikenteen sujuvuuteen tietyömaan kohdalla?

Mitä tietoa liikenteen sujuvuuden arvioimiseksi tietyömaan kohdalla tarvitaan?
Kuinka tätä tietoa voidaan tuottaa?

Millaisia parannustarpeita alan toimijat näkevät tietyömaan läpi kulkevan liiken-
teen sujuvuudessa?

Millainen voisi olla tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta kuvaava mittari,
jolla voitaisiin sitouttaa urakoitsijat paremmin ylläpitämään liikenteen sujuvuutta
työmaan aikana?

Työssä tarkastellaan Suomen maanteiden ajoneuvoliikenteen sujuvuutta tietyömaan
kohdalla. Työssä ei tarkastella tietyömaaliikenteen eli varsinaisen työmaakaluston kuten
massa-autojen liikkumisen sujuvuutta. Myöskään jalankulun ja pyöräilyn sujuvuutta ei
tarkastella, vaikka työmaan toteutuksessa nekin tulee huomioida. Katu- ja yksityis-
tieverkko on rajattu tarkastelusta pois, mutta tulokset soveltuvat jossain määrin myös
niille. Tarkastelussa ovat erityisesti päällystys- ja sillankorjaustyömaat.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja -aineistot

Työ on laadittu konsulttityönä NRC Group Finlandilla. Työn tilaajana on Uudenmaan
ELY-keskus. Työtä varten perustettiin ohjausryhmä, johon tilaajan edustajan, kunnossa-
pitoyksikön päällikön Tuomas Vasaman lisäksi kuului suunnittelupäällikkö Minna Weur-

lander NRC Group Finlandilta sekä Markus Pöllänen Liikenteen tutkimuskeskus Verneistä. Weurlander toimi työn projektipäällikkönä ja Pöllänen työn ohjaajana Tampereen yliopistossa. Kaikilta ohjausryhmän jäseniltä saatiin työn edetessä kommentteja sähköpostitse ja kokouksissa. Ohjausryhmä kokousti satunnaisesti, yhteensä viisi kertaa. Lisäksi kokouksia pidettiin tarpeen mukaan myös yksittäin. Tapaustutkimuksen koejärjestelyihin liittyen kokouksissa oli mukana tilannekohtaisesti myös muita henkilöitä.

Työ toteutetaan monimenetelmällisenä tutkimuksena, jonka tutkimusstrategioina hyödynnetään sekä teoreettista että empiiristä tutkimusta. Teoreettisia, laadullisen tutkimusstrategian aineistonhankintamenetelminä ovat kirjallisuus- ja haastattelututkimukset. Empiirinen tutkimusstrategia toteutuu tapaustutkimukseen liittyvissä mittausjärjestelyissä.

Kirjallisuustutkimuksessa taustoitetaan aihe esittelemällä maantieympäristön toimijat ja määrittelemällä liikenteen sujuvuus sekä selvitetään liikenteen sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä tietyömailla, Suomessa nykyisin käytössä olevat keinot, joilla sujuvuuteen pyritään vaikuttamaan sekä aiemmissa selvityksissä tunnistetut toimenpide- ja jatkotutkimustarpeet. Työssä käytettyjä tietokantoja kirjallisen aineiston löytämiseksi olivat Scopus ja SpringerLink. Hyödynnettävää kirjallisuutta etsittiin myös internetin hakukoneiden avulla (Google, Google Scholar). Väyläviraston ja ELY-keskusten tuottamaa työssä hyödynnettävää aineistoa on etsitty Väyläviraston julkaisuarkistosta sekä Kansalliskirjaston ylläpitämästä Doria-julkaisuarkistosta. Lisäksi hyödynnettiin ScienceDirect-tutkimusportaalissa julkaistuja aineistoja. Käytettyjä hakusanoja ovat esimerkiksi sujuvuus (vastaava hakutermin englanniksi traffic fluidity/fluency, transport system efficiency, traffic flow, flow of traffic), tietyö, tietyömaa (work zone, road construction site), liikenteenohjaus (traffic control/management), väliaikainen liikenteenohjaus (temporary traffic control/management), jonopituus (queue length), välityskyky, ITS, intelligent work zone. Termejä käytettiin sekä hakulausekkeina, esim. construction site* AND fluidity OR fluency, että erikseen.

Hakusanojen avulla löydettiin paljon julkaisuja, jotka liittyivät joko tietöihin tai sujuvuuteen. Täysin työn aihepiiriin liittyviä, näitä molempia käsitteleviä, suomalaisia julkaisuja ei kuitenkaan juuri löytynyt. Ulkomaalainen sekä sujuvuuteen että tietöihin liittyvä lähdekirjallisuus oli pääosin pohjoisamerikkalaista ja käsitteli enimmäkseen tietyömaalla hyödynnettävien älyliikennejärjestelmien (ITS) tuomia hyötyjä. Yhdysvalloissa tiestön liikenneympäristö ja liikenteenohjaustavat poikkeavat suomalaisista käytännöistä melko paljon, mikä vaikuttaa niiden sovellettavuuteen suomalaisissa olosuhteissa. Monet hakusanojen avulla löydetty yhdysvaltalaiset julkaisut ovat suomalaisten julkaisujen tavoin valtion

tienpitoviranomaisen teettämiä. Lisäksi aihetta on tutkittu yliopistoissa. Työssä paneuduttiin ensisijaisesti suomalaisiin lähteisiin, koska haluttiin kartoittaa, kuinka suomalaisissa lähteissä on käsitelty sujuvuutta, onko sujuvuustarkasteluja tehty ja millaisia toimenpidetarpeita niissä on tunnistettu. Työn rajallisuuden vuoksi ulkomaisten lähteiden osalta ei ollut mahdollista tehdä yhtä kattavaa tarkastelua.

Kirjallisuutta käytännön kokemuksista tietyömaiden läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden ja Väyläviraston ohjeiden toteutumisesta ei juuri ole. Tämän vuoksi haastatteluilla pyrittiin saamaan käytännön näkökulmaa ja selvittämään, onko haastateltavien kokemusten ja havaintojen mukaan työmailla jokin sujuvuuteen vaikuttava tekijä, joka erityisesti vaatisi toimenpiteitä tilanteen parantamiseksi. Liikenteen sujuvuutta tietyömaan kohdalla mahdollisesti parantavat keinot ovat pääasiassa haastatteluissa esiin nousseita eikä ratkaisuja lähdetty laajemmin etsimään ulkomailta. Haastateltavat poimittiin harkinnanvaraisella otannalla hyödyntämällä tilaajan verkostoja.

Työssä tehtiin kuusi haastattelua, joihin osallistui yhteensä yhdeksän henkilöä. Haastateltaviin otettiin ensin yhteyttä sähköpostitse ja ennen haastattelua kerrottiin haastattelujen pääteemat. Pääteemat olivat liikenne tietyömaalla: nykytila ja mahdolliset sujuvuusongelmat, kehitystarpeet ja ideat sujuvuuden parantamiseksi, tilaajan toiminta: yhteistyö, sopimuskäytännöt ja tiedonkulku sekä sujuvuustiedon kerääminen ja raportointi. Liitteessä A pääteemat on kuvattu kattavammin siinä laajuudessa, kun ne haastateltaville toimitettiin.

Haastattelumenetelmänä käytettiin teemahaastattelua, jossa oli puolistrukturoidun haastattelun piirteitä. Haastatteluja toteutettaessa ilmoitettiin, että haastattelun tulokset esitetään anonyymisti tuomatta esille, mitä yksittäinen haastateltava on kertonut haastattelussa. Haastattelukysymykset oli laadittu ennakkoon, mutta kaikkia ennakkoon laadittuja kysymyksiä ei esitetty kaikissa haastatteluissa. Kysymyksiä esitettiin tilanteen mukaan ennakkoon laadituista, joiden lisäksi kysyttiin myös tarkentavia kysymyksiä. Osa tarkentavista kysymyksistä lisättiin haastattelurunkoon haastattelujen edetessä ja teemojen käsittelyjärjestykseen tehtiin joidenkin haastattelujen välillä pieniä muutoksia. Lopullinen haastattelurunko on esitetty liitteessä A. Varsinaiseen haastattelututkimukseen haastateltiin Johanna Järvistä ja Alfons Lindforsia Jade Infralta, Reko Möttöstä Destialta, Mikko Mäkelää Asfalttikalliolta, Ville Himmiä YIT:ltä sekä Timo Repoa, Terhi Siltasta ja Matti Hämäläistä Kaakkois-Suomen ELY-keskuksesta. Haastattelut suoritettiin maaliskuussa 2019 ja ne äänitettiin litterointia varten. Haastateltavat olivat maanteillä tehtävien tietöiden tilaajien sekä urakoitsijoiden edustajia. Haastateltavat, heidän edustamansa organisaatiot ja haastattelujen ajankohdat on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Työtä varten haastatellut maanteiden päällystys- ja sillankorjaustöiden tilaajan ja urakoitsijoiden edustajat sekä haastatteluajankohdat.

Henkilö(t)	Haastateltavan rooli	Organisaatio	Haastatteluajankohta
Johanna Järvinen Alfons Lindfors	toimitusjohtaja hallituksen jäsen	Jade Infra liikenteenohjausurakoitsija	21.3.2019
Reko Möttönen	työmaapäällikkö	Destia rakennusurakoitsija	27.3.2019
Mikko Mäkelä	aluejohtaja	Asfaltti Kallio päällystysurakoitsija	23.4.2019
Ville Himmi	projektipäällikkö	YIT päällystysurakoitsija	4.4.2019
Matti Hämäläinen	asfalttimestari	Kaakkois-Suomen ELY-keskus tilaaja	4.4.2019
Timo Repo Terhi Siltanen	projektipäällikkö projektipäällikkö	Kaakkois-Suomen ELY-keskus tilaaja	3.4.2019

Haastattelujen analysoinnissa hyödynnettiin työn tilaajan edustajan Tuomas Vasaman asiantuntijuutta. Lisäksi haastatteluiden tulosten pohjalta esiin nousseen tietotarpeen ja kirjallisten lähteiden puutteen vuoksi haastateltiin Berg & Sauson teknistä päällikköä Joonas Muttilaista tietyömaiden automaattiseen liikennevalo-ohjaukseen liittyen.

Työn osana toteutetussa tapaustutkimuksessa käytetään vahvasti määrällistä tutkimusstrategiaa tarkasteltaessa mitattavia suureita. Tapaustutkimukseen liittyvät mittaukset toteutettiin päällystystyömaalla valtiellä 13 Lappeenrannassa. Tapaustutkimuksen toteuttaminen kuvataan tarkemmin luvussa 5.4.

Vaihtoisia tutkimusmenetelmiä aiheeseen on monia. Kansainvälisiin lähteisiin olisi voitu paneutua laajemmin ja haastatteluotanta olisi voinut olla laajempi. Lisäksi tapaustutkimuksen toteutukseen ja siinä toteutettuihin mittauksiin on useita vaihtoehtoja. Työn ollessa vahvasti tyypiltään esiselvitys suppea haastatteluotanta ja pääpainon pitäminen suomalaisissa lähteissä palvelee tavoitetta alustavasta kartoituksesta hyvin. Luvussa 6.2 arvioidaan työssä käytettyjen menetelmien soveltuvuutta tarkemmin.

1.4 Työn rakenne

Luku 2 kuvaa maantieliikenteeseen liittyvät toimijat, erilaiset tietyömaatyypit ja tietyöhankkeen toteutuksen. Lopuksi kuvataan tarkemmin tyypillisen sillankorjaus- ja päällystystyömaan vaikutukset työmaan läpi kulkevalle liikenteelle.

Luvussa 3 esitellään valtakunnallisesti teiden luokitukset ja liikennemäärät ennen kuin määritellään, mitä tässä selvityksessä tarkoitetaan termillä liikenteen sujuvuus ja suhteutetaan määritelmä aiempiin selvityksiin aiheesta. Seuraavaksi kerrotaan, kuinka liikenteen sujuvuus näyttäytyy tietyömailla ja mitä sujuvuustekijöiden taustalla on tietyömaaympäristössä sekä kuvataan haastateltavien kokemuksiin ja näkemyksiin pohjautuen liikenteen sujuvuuden tasoa päälystystyömaalla. Lopuksi esitellään liikenteen hallinnan roolia tietyömailla ja tiedottamisen merkitystä tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden toteutumisessa. Luku pohjautuu kirjallisuuteen lukuun ottamatta alalukuja 3.5 ja 3.6, joissa on hyödynnetty myös haastatteluja.

Luku 4 pohjautuu lähes kokonaan haastatteluihin. Luvussa esitellään ja analysoidaan tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden kannalta haastatteluissa hyödyllisiksi nähtyjä ratkaisuja. Ratkaisuista osa on työmaalla aktiivisessa käytössä ja osassa nähtiin potentiaalia. Haastateltavien asenteet ja mielipiteet tilaajan toimintaan, sopimuskäytäntöihin ja tietyömaista tiedottamiseen tuodaan esiin ja pohditaan käytäntöjen kehittämistarvetta.

Luku 5 käsittelee sujuvuustiedon tuottamista ja mittaamista sekä sujuvuusmittarin kehittämisen mahdollisuuksia erityisesti viivytysten mittaamisen kautta. Luku 5.1 pohjautuu haastatteluihin ja luvuissa 5.2 ja 5.3 on hyödynnetty kirjallisuutta. Pääluvun lopussa, luvussa 5.4 esitellään päälystystyömaalla toteutetut mittaukset ja niiden arviointi sekä niiden pohjalta tunnistetut kehitysehdotukset.

Luku 6 kokoaa tutkimuksen keskeiset havainnot yhteen sekä esittelee vastaukset tutkimuskysymyksiin ja niiden pohjalta tehdyt päätelmät. Luvussa raportoidaan, kuinka tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja toistettavuutta. Lisäksi esitellään työn aikana nousseet jatkotutkimustarpeet.

2. TIETYÖMAAT MAANTEILLÄ

Maantiet ovat valtion omistamia teitä. Maanteitä koskevassa päätöksenteossa, strategisessa suunnittelussa, turvallisuuden ylläpidossa sekä lupa-asioissa on mukana monia valtionvirastoja tai vahvasti valtion omistuksessa olevia organisaatioita. Lait ja asetukset ohjaavat maanteihin liittyviä toimia ja maanteiden liikennettä.

Tietyö on tiealueella tehtävää rakennus-, korjaus- tai kunnossapitotyötä, joka kohdistuu tiehen tai sen rakenteisiin. Tietöiden aiheuttamia, yleensä negatiivisia vaikutuksia pyritään minimoimaan liikennejärjestelyjen ja liikenteenhallinnan avulla. Liikennejärjestelyillä tarkoitetaan työkohteessa toteutettavia toimenpiteitä, joilla varmistetaan työkohteen työturvallisuus sekä liikenteen sujuvuus ja turvallisuus. Liikenteenhallinta on ajoneuvoliikenteen hallintaa muun muassa toteuttamalla asianmukaiset liikenteenohjausjärjestelyt sekä vaikuttamalla kysyntään esimerkiksi tiedottamalla.

2.1 Valtion toimijat maantieympäristössä

Valtion omistamia teitä kutsutaan maanteiksi. Maantieliikenteeseen liittyviä valtion toimijoita ovat Väylävirasto (myös Väylä, ent. Liikennevirasto ja Tiehallinto), ELY-keskukset (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset) ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom sekä valtionyhtiö ITM Finland (Intelligent Traffic Management Finland Oy).

Väylävirasto vastaa valtion omistamasta liikenneverkosta, joka maanteiden lisäksi muodostuu lähes koko rataverkosta sekä valtaosasta Suomen vesiväyliä ja kanavia. Väylävirasto huolehtii maanteiden ylläpidosta ja kehittämisestä alueellisten ELY-keskusten kanssa yhteistyössä. ELY-keskukset pyrkivät alueelliseen kehittämiseen ja hoitavat valtionhallinnon toimeenpano- ja kehittämistehtäviä omilla alueillaan. ELY-keskuksen yhtenä vastuualueena on liikenne ja infrastruktuuri. Vastuualueeseen kuuluvat maanteiden päivittäinen hoito, kunnossapito ja parantaminen sekä pienemmät tiehankkeet, jotka yleensä ovat parantamishankkeita. Suurissa hankkeissa tilaajana voi olla myös Väylävirasto, usein yhdessä alueen ELY-keskuksen kanssa. Tällaiset suuret hankkeet ovat yleensä investointihankkeita. Liikenneverkkojen kehittämisen ja kunnossapidon kautta Väylävirasto huolehtii liikenteen palvelutasosta. Se myös vastaa liikenteenohjauksen järjestämisestä. (ELY-keskus 2019a.)

Tienpidolla pyritään tie- ja liikenneolojen kestävään kehitykseen. Tienpito käsittää kaikki teillä tehtävät toimenpiteet. Pääasiassa tienpito on teiden hoitoa, kunnossapitoa, paran-

tamista ja pieniä tiehankkeita. Kunnossapitoon kuuluvat päällystettyjen ja sorateiden, siltojen, tieympäristön sekä teiden varsilla olevien laitteiden ja rakenteiden hoito ja ylläpito (Uudenmaan ELY-keskus 2019). Näissä ELY-keskukset toimivat alueellaan tilaajina. Eduskunta päättää perusväylänpidon määrärahat, johon tienpito sisältyy yhdessä radan- ja vesiväylänpidon kanssa. Teiden hoitoon ja kunnossapitoon kuluu perustienpidon rahoituksesta noin 90 %. Muita rahoituksen käyttökohteita ovat alueelliset investoinnit, suunnittelu, mittaukset ja liikenteenhallinta. Teiden hoidon ja kunnossapidon tarkoituksena on turvata teiden päivittäinen liikennöitävyys ja taata edellytykset turvalliselle liikumiselle. (ELY-keskus 2019b; ELY-keskus 2019c.)

Maantieympäristön ja varusteiden hoito toteutetaan alueurakointina. Urakoitsijat valitaan kilpailuttamalla ja urakan kesto on tavallisesti viisi tai seitsemän vuotta. ELY-keskus määrittelee hoidon laatutason ja mitkä työt urakkaan sisältyvät. Alueurakkaan kuuluvia toimenpiteitä ovat muun muassa teiden talvihoito, sorateiden, levähdysalueiden, pysäkkien ja viheralueiden hoito, päällysteiden paikkaus, liikennemerkkien pystytys ja huolto, pientareiden niitto sekä vesakonraivaus. Suuremmat tienparannustoimenpiteet eivät sisälly alueurakkaan vaan ne kilpailutetaan erikseen. Toimenpiteiden määrä ja laajuus vaihtelee vuosittain käytettävissä olevasta rahoituksesta riippuen. Alueurakoihin kuuluvamattomia töitä ovat esimerkiksi tien rungon vahvistaminen, mutkien oikaisu, uudelleen päällystäminen ja siltojen kunnostaminen. (ELY-keskus 2019b.)

Liikenteenohjauksen ja -hallinnan palveluista vastaavan valtionyhtiön TMFG:n (Traffic Management Finland) tytäryhtiö ITM Finland vastaa tieliikenteen ohjauksesta ja hallinnasta Suomen maanteilla. Sen palveluita ovat esimerkiksi operatiivinen liikenteenhallinta tieliikennekeskuksissa sekä maanteiden muuttuvista opasteista vastaaminen. (TMFG 2019a.) Sujuvuus on turvallisuuden, liikenteen päästöjen vähentämisen sekä tieverkon tehokkaamman hyödyntämisen ohella yksi liikenteenhallinnan tavoite (ELY-keskus 2018).

Liikenteen ja viestinnän lupa-, rekisteri- ja valvontaviranomainen Traficom pyrkii osaltaan edistämään liikennejärjestelmän toimivuutta, turvallisuutta ja digitalisaatiota (Traficom 2019). Sekä Väylävirasto, Traficom että TMFG kuuluvat liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalaan (ELY-keskus 2019c).

2.2 Tietyömaita koskeva lainsäädäntö ja ohjeistus

Säädösperustana Väyläviraston maanteilla tehtäviä töitä koskeville vaatimuksille ja ohjeille ovat tieliikennelaki, työturvallisuuslaki, maantielaki, vesiliikennelaki, laki liikennejär-

jestelmästä ja maanteistä sekä tieliikenneasetus ja asetus rakennustyön turvallisuudesta. Väylävirasto on laatinut erityisesti maanteilla tehtäviä töitä varten ohjesarjan Liikenne tietyömaalla. Ohjesarja perustuu edellä mainittuihin lakeihin ja asetuksiin, joiden lisäksi niissä on Väyläviraston asettamia laatuvaatimuksia. Kunkin ohjeen säädösperusteet on esitetty kyseisessä ohjeessa. Ohjesarjan osat ovat:

- Liikenne tietyömailla – Tienpitoajoneuvot (Liikennevirasto 2013a)
- Liikenne tietyömaalla – Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset (Liikennevirasto 2015b)
- Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus teiden kunnossapitotöissä (Liikennevirasto 2015a)
- Liikenne tietyömaalla – Päälystys- ja tiemerkintätyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus päälystys- ja tiemerkintätöissä (Liikennevirasto 2017a)
- Liikenne tietyömaalla – Tienrakennustyömaat (Liikennevirasto 2017b)
- Sulku- ja varoituslaitteet – Laatuvaatimukset ja käyttö, Toteuttamisvaiheen ohjaus (Liikennevirasto 2018c)
- Liikenne tietyömaalla – Lyhytaikaiset ja luvanvaraiset työt (Liikennevirasto 2018a).

Tienpitoajoneuvot-julkaisuun (Liikennevirasto 2013a) on koottu keskeiset liikennesäännöt sekä tiellä työskentelyyn käytettäviä tienpidon ajoneuvojen ja työkoneiden käyttöä koskevat poikkeussäännöt. Tarkoituksena on parantaa tienpidon tehtävissä liikennealueella toimivien kuljettajien säädöstuntemusta.

Liikenne tietyömaalla – Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset -julkaisussa (Liikennevirasto 2015b) esitetään vaatimukset tiellä työskentelevien turvallisuuspätevyyksistä, liikenteenohjaajien koulutuksesta ja perehdytyksestä ja työntekijöiden turvavarusteista. Ohjetta tulee noudattaa kaikissa maanteilla tehtävissä töissä.

Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt (Liikennevirasto 2015a) sisältää liikenteen ohjaamiseen, tiellä työskentelyyn sekä työturvallisuuteen liittyvät toimenpiteet yleisten teiden kunnossapitotöissä. Ohjeen pääpaino on lyhytkestoisissa hoitotöissä. Ohjetta päivitetään parhaillaan ja uusi versio julkaistaan syksyn 2019 aikana (INFRA ry 2019a).

Ohjejulkaisu päälystys- ja tiemerkintätöistä (Liikennevirasto 2017a) koskee kaikkia maanteilla ja tienrakennustyömailla tehtäviä päälystys- ja tiemerkintätöitä. Se toimii laatuvaatimuksena päälystys- ja tiemerkintäurakoissa ja siinä on annettu turvallisuusjärjestelyjä ja sujuvuutta koskevat vähimmäisvaatimukset ja ohjekuvia töiden liikennejärjestelyistä. Ohjeessa esitettyjä sääntöjä täsmennetään tarpeen mukaan urakka-asiakirjoissa.

Ohje tienrakennustyömaille (Liikennevirasto 2017b) koskee uuden tien rakentamista tai olemassa olevan tien parantamista sekä siltojen rakentamista tai uusimista. Ohjeella tähdätään tienrakennustyömaiden turvallisen toteuttamisen ja työnaikaisen liikenteen sujuvuuden varmistamiseen. Siinä ohjeistetaan sekä tilaajaa hankkeen valmistelussa ja valvonnassa sekä urakoitsijaa työmaan liikennejärjestelyjen toteutuksessa.

Sulku- ja varoituslaitteita koskevassa ohjeessa (Liikennevirasto 2018c) on kerrottu laatuvaatimukset ja käyttöympäristöt Suomessa käytettävälle tilapäisille liikenteenohjauslaitteille maantietyökohteissa. Ohje on korvannut vuodelta 2013 olevan aiemman version Liikenne tietyömaalla – Sulku- ja varoituslaitteet. Vaikka nykyisen julkaisun nimi ei enää suoranaisesti viittaa Liikenne tietyömaalla -ohjesarjaan, se ohjaa vahvasti tietyömaiden liikennejärjestelyjä asettaen ehtoja materiaaleille ja kalustolle.

Ohje lyhytaikaisiin ja luvanvaraisiin töihin (Liikennevirasto 2018a) koskee tienpitoviranomaisen luvan vaativia kaapeli- ja johtotöitä sekä opastusmerkkien ja muiden vastaavien laitteiden pystytystöitä. Ohjeessa on esitetty vähimmäisvaatimukset tie- ja työjärjestelyille.

Riippuen tehtävästä työstä tilaaja määrittelee, mitä ohjetta kulloinkin sovelletaan. Tiellä tehtäviin töihin liittyvien osapuolten vastuut määräytyvät lain ja Väyläviraston ohjeiden lisäksi urakka-asiakirjojen ja hankekohtaisten ehtojen pohjalta.

2.3 Työn tilaaminen ja urakan toteuttaminen sekä eri osapuolten roolit

Tietyömaiden toteutusta suunniteltaessa kolme pääteemaa ovat turvallisuus, liikenteelle aiheutuva viivytys ja projektin kustannukset. Työmaan vaikuttavuuden mittarit voidaan jakaa seuraavasti (ITE et al. 2016, s. 884–885):

- liikennevaikutukset
 - onnettomuudet/turvallisuus
 - viivästys
 - kapasiteetti
 - liikennöintikustannukset ja ylimääräinen polttoainekulutus
 - vaikutukset kevyelle liikenteelle
- projektikustannusvaikutukset
 - liikenteenohjauksen kustannukset
 - rakentamiskustannukset
- yhteiskunta- ja ympäristövaikutukset
 - ilmansaasteet

- melu
- paikallisen liiketoiminnan häiriöt.

Työmaan toteutuksessa ensimmäisenä prioriteettina on sekä työmaahenkilöstön että tienkäyttäjien eli tiellä liikkuvien turvallisuuden varmistaminen. Rajallinen budjetti aiheuttaa usein sen, että työnaikaisiin liikennejärjestelyihin käytettävät kulut ovat mahdollisimman pienet.

Kuvaus sillankorjaus- ja päällystyshankkeen toteuttamisesta perustuu tekstissä esitettyjen lähteiden lisäksi työtä varten toteutettuihin haastatteluihin. Maantiellä tehtävien sillankorjaus- ja päällystysurakoiden tilaajana toimii alueen ELY-keskus. Kun ELY-keskus on päättänyt tienparannuskohteesta, se järjestää hankintalain mukaisen kilpailutuksen ja laatii tarjouspyynnön. Tilaajan tehtävänä on arvioida liikenteen tarpeet ja määrittää urakkakohtaiset vaatimukset. Tarjouspyynnön laatiminen vaatii tilaajalta perehtymistä kohteeseen ja lähtötietojen selvittämistä, jotta reunaehdot ja tietyt vaatimukset urakan toteuttamiselle voidaan asettaa. Oleellisia tietoja ovat esimerkiksi tien verkostollinen merkittävyys, ruuhkautumisalttius (liikennemäärien ja tien välityskyvyn suhde), tieosuudella sijaitsevat kaupalliset palvelut, joukkoliikenteen reitit, jalankulku ja pyöräilyolosuhteet, erikoiskuljetukset, kiertotiejärjestelyjen tarve sekä poikkeuksellisen paljon liikennettä aiheuttavat tapahtumat urakka-ajankohtana (Liikennevirasto 2017b, s. 8). Lähtötietojen pohjalta tilaaja määrittää muun muassa työmaan nopeusrajoituksen ja erityisesti päällystystöitä koskien sallitut työskentelyajat kuten sen, toteutetaanko työ päivä- vai yötyönä. Tilaaja määrittää myös vähimmäiskaistamäärän, joka työn aikana tulee olla käytössä ja mahdollisesti ajat, jolloin vähimmäiskaistamäärästä tai muista vaatimuksista voidaan poiketa. Tilaajan hyvin tekemä pohjatyö yhtenäistää haastateltavien mukaan tarjouksia ja pienentää urakoitsijan kustannusriskejä rajoittamatta kuitenkaan toteutusta liikaa. Toteutuksesta kiinnostuneet urakoitsijat jättävät tarjouksen, jossa on esitetty urakan hinta ja joka sisältää tarjouspyynnössä vaaditut asiakirjat. Tarjousten pohjalta tilaaja päättää ennalta määritettyjen ja tarjouspyynnössä esitettyjen painotusten mukaisesti työn toteuttajan. Painotukset kertovat, millä perusteella tarjouksia vertaillaan ja kuinka ratkaisevana urakoitsijan valinnassa ovat ennen kaikkea urakan hinta ja työn laatu. Usein kilpailevat tarjoukset pisteytetään osa-alueittain ja pisteiden arvotus on osoitettu prosentiosuuksiin perustuvien painotuksien (esim. hinta 60 %). Laatuun liittyviä vertailuperusteita voivat olla esimerkiksi tekniset ansiot, toiminnalliset ominaisuudet, kustannustehokkuus tai toteutusaika (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 § 93). Laadun lisäksi vertailuperusteet voivat liittyä yhteiskunnallisiin, ympäristö- tai sosiaalisiin näkökohtiin tai innovatiivisiin ominaisuuksiin.

Pääsääntöisesti päällystystöissä ja sillankorjausurakoissa pääurakoitsija laatii liikenteenohjaussuunnitelman, joka esitetään tilaajalle ennen töiden aloittamista. Tilaaja voi tarvittaessa vaatia siihen tarkennuksia. Liikenteenohjaussuunnitelman voi laatia Tieturva 2 -koulutuksen suorittanut henkilö. Liikenteellisesti erityisen haastavan siltakohteen tapauksessa ELY-keskus teettää liikenteenohjaussuunnitelman ennakkoon ja liittää sen jo tarjouspyynnön yhteyteen (Liikennevirasto 2017b, s. 53). Työ- ja liikennejärjestelyjä suunniteltaessa huomioitavia asioita ovat teiden toimintaympäristöluokat eli millaisia sulkua- ja varoituslaitteita kohteessa tulee käyttää, lyhytaikaisten työvaihekohtaisten nopeusrajoitusten ja kaistasulkujen tarve sekä tilaajan määrittämät tärkeimmät kiertotiet. Sulkulaitteilla kuten sulkuaidalla tai -pylväillä erotetaan työskentelyalue liikenteelle varustusta tien osasta ja varoituslaitteilla (hinattava tai ajoneuvoon kiinnitettävä varoituslaite, tielle asetettava varoituslaite, varoitusvilkut) pyritään varoittamaan liikennettä edessä olevasta ajo-olosuhteiden muutoksesta (RIL 2006, s. 365–366). Usein pienemmissä töissä ja päällystystöissä liikenteenohjaussuunnitelmana voidaan käyttää valmiita Liikenne tietyömaalla -ohjeissa esitettyjä ohjekuvia mahdollisin muutoksin (Liikennevirasto 2017b, s. 29).

Ennen urakkasopimuksen kirjoittamista ja työn aloittamista tilaaja ja pääurakoitsija järjestävät rakennusalan käytäntöihin kuuluvan sopimuskatselmuksen (myös urakkaneuvottelu), jossa varmistetaan yhteisymmärrys tarjouspyyntöasiakirjoista ja tehtävistä töistä (Moilanen 2017). Päällystystöissä ja haastattelujen perusteella myös sillankorjauskohteissa järjestetään lisäksi ennen toteutusta paikan päällä kohdekatselmus, jossa varmistetaan tarkemmin yhteinen näkemys toteutustavasta, muun muassa liikennejärjestelyistä (Liikennevirasto 2017a, s. 10).

Urakoitsijan tulee ilmoittaa tiellä tehtävästä työstä operatiivisesta tieliikenteen hallinnasta vastaavaan tieliikennekeskukseen hyvissä ajoin. Tieliikennekeskukseen ilmoitettavia tietoja ovat muun muassa työn aloittamis- ja päättymisajankohdat, tehtävä työ ja sen laajuus, käytössä olevan ajoradan leveys sekä etenemistä rajoittavat seikat. Urakkasopimuksen mukaisesti myös tienkäyttäjää tulee informoida työnaikaisista liikennejärjestelyistä ja niiden muutoksista monipuolisesti hyvissä ajoin ja riittävän usein. (Liikennevirasto 2017b, s. 37, 53.)

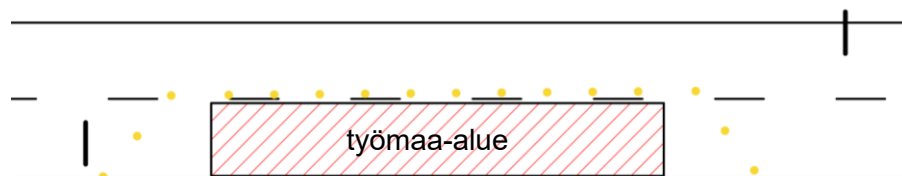
ELY-keskukset edellyttävät nykyään liikenteenohjausaitojen ja työkoneiden sijaintitiedon keräämistä ja raportointia. Tiedot viedään Harja-nimiseen maanteiden kunnossapidon raportointi- ja seurantajärjestelmään. Harja-järjestelmän avulla voidaan seurata muun muassa alueurakoiden ja päällystystöiden tilannetta reaaliaikaisesti. Se myös parantaa Väyläviraston, ELY-keskusten ja urakoitsijoiden yhteistyötä sekä helpottaa tiedonkulkua.

Palvelun avulla esimerkiksi välitetään tieliikennekeskuksiin tullut palaute urakoitsijoille. (Väylä 2017.)

Haastattelujen perusteella pääurakoitsija saattaa käyttää rakennusallalle tyypillisesti suunnittelussa ja toteutuksessa aliurakoitsijoita tai vuokratyöntekijöitä. Haastateltujen mukaan ELY-keskus on tilaajana mukana läpi projektin muun muassa huolehtimalla valvonnasta ja välittämällä saamaansa palautetta eteenpäin. Tilaaja osallistuu usein myös työmaalla ilmenevien yllättävien tilanteiden ratkaisemiseen yhdessä toteuttajien kanssa. Valvonnalla tarkoitetaan rakennusalan tavanomaista työmaavalvontaa, jolla varmistetaan urakoitsijoiden toiminnan sopimuksenmukaisuus.

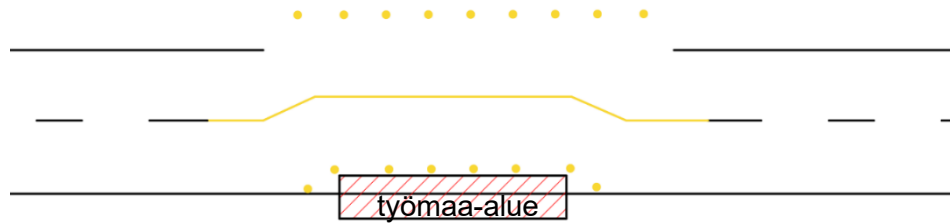
2.4 Sillankorjaus- ja päällystystyöt

Kuvissa 1 ja 2 kuvataan liikennejärjestelyjen liikenteellisten olosuhteiden muutosta yksiajorataisella, kaksikaistaisella tieosuudella kahdessa tietyömaatapauksessa. Kuvassa 1 yksiajorataisen tien koko toinen kaista on suljettu ja liikenne ohjataan yhden kaistan kautta, joten liikenteelle aiheutuu pysäytyksiä väistettäessä toisen suunnan liikennettä. Kuva 1 voi kuvata sekä kiinteää että liikkuvaa työmaata, mutta liikenteenohjaustapa vaihtelee työmaan tyypistä ja liikennemäärästä riippuen. Samankaltainen liikenteenohjausratkaisu on esitetty päällystystyömaata koskien liitteessä B.



Kuva 1. Liikennejärjestelyt hyvin karkeasti kuvattuna toisen kaistan ollessa pois käytöstä 1+1-ajorataisella tiellä.

Kuva 2 esittää kiinteää työmaata, jossa työmaanaikainen kaistamäärä on sama kuin normaalitilanteessa, joten liikennettä ei tarvitse pysäyttää. Kaistojen vaakageometria on kuitenkin erilainen. Hyvin usein erityisesti siltatyömaiden kohdalla kaistat ovat myös normaalitilannetta kapeammat. Esimerkki tämänkaltaisen tietyömaan liikenteenohjauksesta on esitetty liitteessä C.



Kuva 2. Liikennejärjestelyt hyvin karkeasti kuvattuna, kun tietyöalue ulottuu liikennöitäville kaistoille osittain.

Päällystystyömaat noudattavat useimmiten kuvan 1 tapausta. Sillankorjauskohteessakin vaadittava työtila rajoittaa yleensä kaksikaistaisella tiellä kaistamäärän yhteen. Valtaosa Suomen maantieverkosta on yksiajorataista, kaksikaistaista tietä, joten pääpaino tarkastelussa on tällaisissa kohteissa. Moottoriteillä ja ohituskaistaosuuksilla ratkaisut ovat erilaisia ja niissä vaadittavat ratkaisut on kuvattu tarkemmin Väyläviraston ohjeissa (Liikennevirasto 2017a, Liitteet 3–6; Liikennevirasto 2017b, s. 46–48, Liite 8).

Sillankorjaus- ja päällystystöiden ominaispiirteet on kuvattu laajemmin taulukossa 2. Siinä on esitelty myös muut tietyömaatyypit ja niiden ominaisuudet.

Taulukko 2. Tietyömaatyypit ja niiden ominaispiirteet (Kalliokoski et al. 2004, s. 14).

Työmaa- tyyppi	Kesto	Muutokset tien fyysisiin ominaisuuksiin	Muita ominaisuuksia
Päällystys- työ	noin 1 päivä (tietyssä tien poikkileik- kauksessa)	Tie kavennettu ja/tai osa kaistoista suljettu, alen- nettu nopeakorjaus, tien pintakunto heikempi	Nauhamainen, etenevä, välityskyky pienenee ja matka-ajat kasvavat, onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee
Silta , eritasoliittymä- tai tunneli- työmaa	Kuukausia	Tie kavennettu ja/tai osa kaistoista suljettu, kiertotie tai varareitti käytössä, alennettu nopeakorjaus, tien pintakunto heikempi	Pistemäinen, välityskyky pienenee ja matka-ajat kasvavat (pitkiäkin kiertomatkoja), onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee
Ajoradan ulkopuolella tehtävät työt	Muutama päivä - kuukausia	Tie kavennettu ja/tai osa kaistoista suljettu, alen- nettu nopeakorjaus	Välityskyky pienenee ja matka-ajat kasvavat, onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee.
Peruskorjaukset	Kuukausia	Tie kavennettu ja/tai osa kaistoista suljettu, kiertotie tai varareitti käytössä, alennettu nopeakorjaus, tien pintakunto heikempi	Yleensä pitkä tiejakso (esim. murskepäälysteellä), jonka sisällä toinen kaista poikki osalla matkaa massanvaihdon tms. takia, välityskyky pienenee ja matka-ajat kasvavat, onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee
Laajennusinvestoinnit	Kuukausia- vuosia	Kaikkien edellisten yhdistelmiä	Välityskyky pienenee ja matka-ajat kasvavat, onnettomuusriski kasvaa, liikennöitävyys heikkenee
Uusin- vestoinnit	Kuukausia- vuosia	Mahdollisesti kiertotie käytössä, mahdollisesti alennettu nopeakorjaus	Lähinnä työmaaliikenteestä aiheutuvia vaikutuksia olemassa olevalla tieverkolla, joskus katkoksia esim. räjäytystöiden vuoksi.

Seuraavaksi käsitellään tarkemmin päällystys- ja sillankorjaustöitä erikseen ja kerrotaan, millaisesta työstä on kyse. Lisäksi esitellään niiden ominaispiirteitä liikennejärjestelyjen ja työstä aiheutuvan liikenteellisen haitan osalta.

Päällystystyö

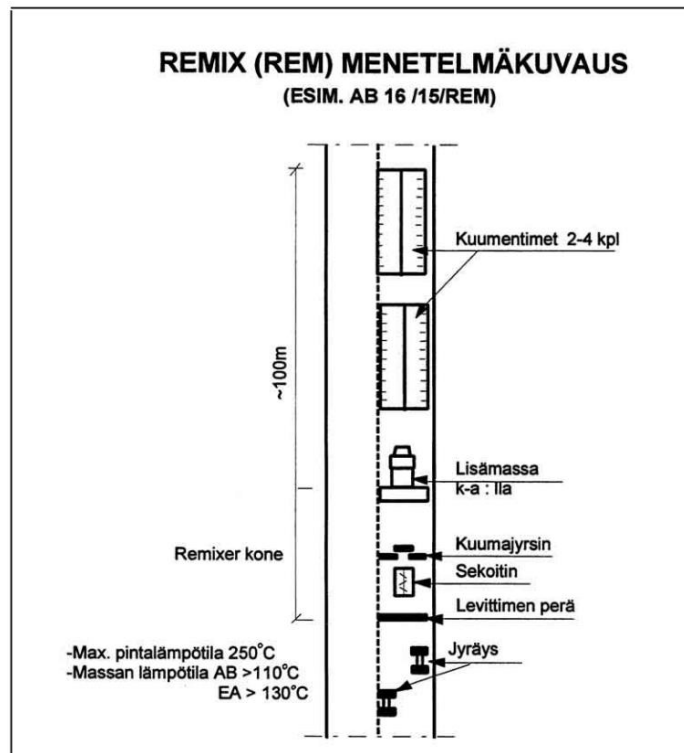
Haastattelujen lisäksi tekstissä on hyödynnetty Kalliokosken et al. (2004) ja Liikenneviraston (2017a) kuvauksia päällystystyön toteuttamisesta. Päällystystyö on asfalttipintaisella tiellä tai kadulla tehtävää kulutuspinnan uusimistyötä. Päällystystyö voi olla joko vanhan päällysteen paikkaamista paikallisesti tai pinnan uusimista kauttaaltaan koko tien leveydeltä ja pidemmältä matkalta. Päällysteen uusimistyössä yhdellä kertaa työn alla oleva osuus on pituudeltaan yleensä muutamasta sadasta metrillä pariin kilometriin. Työlle varattua ja tietyömaan läpi ajavalta liikenteeltä suljettua ajokaistan osuutta kutsutaan kaistavaraukseksi (myös ohjausväli). Yleisin päällystyskohde on kaksikaistainen tie, jossa päällystettävä kaista on suljettu ja liikenne ohjataan toiselle kaistalle vuorotellen kumpaankin suuntaan. Työmaakohteen kesto riippuu kohteen laajuudesta ja tilaajan asettamista työaikarajoituksista. Tietyssä tien poikkileikkauksessa kesto on kuitenkin vain päivän, koska työ etenee kohtalaisen nopeasti. (Kalliokoski et al. 2004.)

Päällystystöissä työmaajärjestelyt eivät ole ympärivuorokautisia, vaan töitä tehdään vain niille osoitettuun aikaan. Tilaaja asettaa vaatimukset työn suorittamiselle pitkälti tien liikennemäärien perusteella. Kohteen liikennemääriä verrataan Väyläviraston ohjeiden liikennemäärärajoihin ja sen pohjalta tilaaja määrittelee, tuleeko työ tehdä päivä- vai yötyönä sekä tarkemmin kellonajat, jolloin työ sallitaan. Pääsääntöisesti yötyötä edellytetään, jos liikennemäärät ylittävät yksiajorataisella tiellä 6 000 ajon./vrk ja kaksiajorataisella tiellä ajoratakohtaisesti 13 000 ajon./vrk (Liikennevirasto 2017a, s. 12). Teiden liikennemäärät ovat Väyläviraston tuottamaa aineistoa ja tuotetaan LAM-pisteiden tai yleisen liikenteenlaskennan avulla (Kiiskilä et al. 2016).

Päällystystyömaalla käytetään sekä turvallisuus- että liikennöitävyysyistä alennettuja nopeusrajoituksia. Yleisesti nopeusrajoitus on 50 km/h ja mahdollisesti päällystyskalustoon kuuluvan levittimen kohdalla 30 km/h. Työmaan liikkuvan luonteen ja kaistavarauksen vaihtelevan pituuden vuoksi työmaalla tarvitaan henkilö, joka vastaa paikan päällä työnaikaisista liikennejärjestelyistä. Kyseisen henkilön eli liikenteenjärjestelijän tehtävänä on siirtää liikennemerkkejä ja muuttaa liikenteenohjausta tarpeen vaatiessa. Juuri työmaan muuttuvuuden vuoksi automaattista liikennevalo-ohjausta ei ole järkevää toteuttaa vaan liikenteen pysäytyksiä edellyttävillä yksiajorataisilla tietyömailla pysäyttämi-

sistä vastaavat aina liikenteenohjaajat. Työaikojen ulkopuolella kaistavarausta ja pysäytyksiä ei ole, mutta työmaa näkyy tienkäyttäjälle tietyömerkein sekä mahdollisesti tien heikentyneiden ominaisuuksien ja niiden vuoksi alennetun nopeusrajoituksen kautta: tiemerkinnät puuttuvat tai osa pinnasta saattaa olla jyrstetty, jolloin väylällä on irtokiviä ja jyrstinnän rajakohdassa terävä reuna. (Kalliokoski et al. 2004.)

Päällystysmenetelmiä on monia ja käytettävä kalusto riippuu päällystystavasta. Myös työkoneiden viemä tila tien pituussuunnassa vaihtelee päällystysmenetelmän mukaan. Kustannussyistä maanteilla käytetään nykyään paljon uusiopintausten menetelmiä, joissa vanhaa asfalttia hyödynnetään uuden raaka-aineena (Pellinen & Makowska 2018, s. 12). Paljon käytetty menetelmä on kuvassa 3 esitetty uusiopintausten menetelmiin kuuluva remix-pintausta, jossa työkoneet varaavat kerrallaan kaistaa noin 100 metrin pituudelta (Tielaitos 1997; RIL 2006). Asfaltointikaluston perässä jyrät tiivistävät tuoretta massaa, ja kaiken kaikkiaan kaistavarausta pidetään tuoreella päällysteellä voimassa niin kauan kuin uuden asfalttipinnan lämpötila vaatii. Liian kuumalle asfaltille ei voida laadunvarmistamisen vuoksi päästää liikennettä, mikä aiheuttaa lämpimillä ilmoilla kaistavarauksen pidentymisen: työmaan jäljessä olevaa ohjausaitaa ei välttämättä pystytä siirtämään samaan tahtiin työmaan edessä olevan ohjausaidan kanssa. Tässä työssä termiä ohjausaita käytetään liikenteenjakajalla varustetusta sulkuaidasta, joka aloittaa tai päättää kaistavarauksen.



Kuva 3. Remix-menetelmäkuvaus (Tielaitos 1997).

Päällystystyön jälkeen tehtävät tiemerkintätyöt tilataan pääsääntöisesti päällystystöistä erillisenä urakkana. Hankinta tehdään tavallisesti alueellisina palvelusopimuksina, joihin uusien päällysteiden tiemerkintöjen lisäksi kuuluu tiemerkintöjen ylläpito. (Liikennevirasto 2015c.) Liikenteellisesti tärkeissä kohteissa kuten moottoriteillä, ohituskaistaosuuksilla ja kanavoiduissa liittymissä suurin sallittu aika päällystysten ja tiemerkintöjen tekemisen välissä määritetään urakka-asiakirjoissa (Liikennevirasto 2017a, s. 15).

Päällystys- ja tiemerkintätyöt ovat voimakkaasti riippuvaisia säätilasta: kovalla sateella päällystäminen ei onnistu ja liian kylmät myöhäissyksyn lämpötilat voivat rajoittaa töiden tekemistä. Tällöin epäonnistumisen riski päällystettä levitettäessä on suuri ja uusi päällyste on oleellisesti huonolaatuisempi (RIL 2006). Tiemerkintöjen tekeminen edellyttää kuivaa tienpintaa.

Päällystystöiden digitalisaatiota on pyritty viime vuosina kehittämään monien digikokeilujen kautta. Digikokeilut ovat liittyneet tuotannon suunnitteluun, ohjauksen ja seurannan tehostamiseen sekä laaduntarkkailuun (Väylä 2019c). Työmaan läpi kulkevaan liikenteeseen nämä eivät siis ole vaikuttaneet kuin välillisesti.

Sillankorjaustyö

Sillankorjaustyön esittely pohjautuu joitakin kirjallisuusviitteitä lukuun ottamatta pääasiassa haastatteluihin. Siltatyömaat ovat yksi esimerkki kiinteästä tietyömaasta. Siltatyömaita koskevat asiat ovat monilta osin yleistettävissä koskemaan kiinteitä työmaita yleisesti. Kiinteän tietyömaan erityispiirteenä verrattuna päällystystyömaahan on työmaan pysyvyys, jolloin väliaikaiset liikenteenohjausjärjestelyt ovat työmaan tavoin kiinteitä ja liikenteellinen haitta on ympärivuorokautinen eri tavoin kuin päällystystyömailla. Kiinteät tietyömaat ovat tienrakennustyömaita, jolloin sovelletaan Väyläviraston ohjetta Liikenne tietyömaalla – Tienrakennustyömaat (Liikennevirasto 2017b). Sillankorjaustyömaiden erityispiirteitä ovat yleensä kohteen pistemäisyys eli lyhyt kaistavaraus ja urakan kesto viikoista useisiin kuukausiin (Kalliokoski et al. 2004). Haastattelujen perusteella pääura-koitsija toteuttaa sillankorjaustyömailla yleensä myös työnaikaisten liikennejärjestelyjen tekemisen ja ylläpidon, koska järjestelyjä muutetaan kohtalaisen harvoin ja niiden ylläpidon ostaminen ulkopuolisilta olisi monessa tapauksessa kohtuuttoman kallista.

Jos siltatyömaa edellyttää yksiajorataisessa kohteessa kaistojen sulkemista, liikennettä ohjataan joko itseohjautuvasti tai tilapäisin liikennevaloin. Itseohjautuva järjestely tarkoittaa, että väistämisvelvollisuus osoitetaan liikennemerkein ja sitä voidaan käyttää, kun suljettu osuus on alle 150 metriä, keskivuorokausiliikenne (KVL) on alle 900 ajon./vrk ja

näkyvyys on esteetön. Liikenteenohjaajia ei käytetä kuin työvaihekohtaisesti. (Liikennevirasto 2017b.) Siltatyömailla käytettävät liikennevalot ovat olleet haastateltavien koh-teissa kiinteästi ohjattuja eli aikaohjattuja.

Jos huomataan, että liikennejärjestelyt eivät toimi toivotulla tavalla, niiden parantamiseksi saatetaan haastateltavien mukaan tehdä kiinteän työmaan aikana pieniä toimenpiteitä kuten asentaa risteyspeili näkemien parantamiseksi tai leventää kaistaa. Yleensä parannukset ovat niin pieniä, ettei niitä tarvitse hyväksyttää tilaajalla erikseen.

Liikenteen sujuvuutta sillankorjaustyömailla rajoittaa selvimmin kaistamäärän vähennyksestä tai vähimmillään kaistojen kavennuksesta aiheutuva kapasiteetin aleneminen. Joissakin tapauksissa silta joudutaan sulkemaan pidemmäksi aikaa kokonaan, jolloin kiertotiejärjestelyt ovat pakolliset. Myös suuret liikennemäärät saattavat joillakin väylillä edellyttää kiertotietä.

3. MAANTIELIIKENTTEEN SUJUVUUS TIETYÖ-MAALLA

Liikenteen sujuvuus koostuu lukuisista tekijöistä. Tarkasteltaessa maantieliikenteen sujuvuutta tietyömailla merkityksellisenä taustatekijänä on liikenteen sujuminen normaalilanteessa. Edellytykset sujuvuudelle luodaan jo suunnitteluvaiheessa, kun määritellään, millainen liikennemäärä väylän pitää pystyä välittämään.

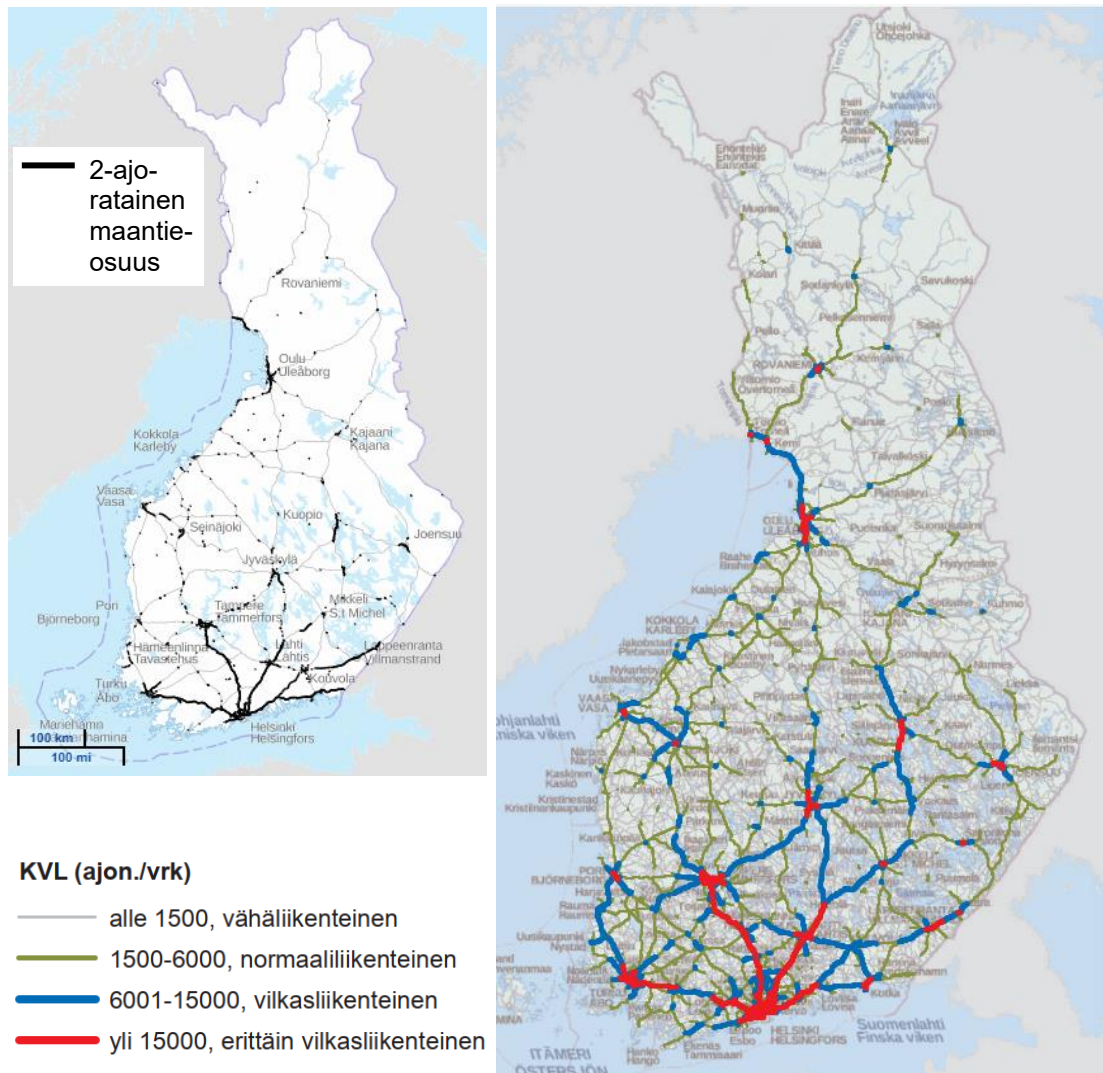
Liikenteen sujuvuus voidaan määritellä monella tavalla. Sujuvuuden parantamiseen pyrittäessä on tarpeen määritellä sujuvuus mahdollisimman kattavasti sekä tunnistaa kaikki sujuvuuden toteutumisen taustalla olevat tekijät ja vaikuttamismahdollisuudet näihin tekijöihin.

3.1 Suomen maanteiden välityskyky

Tien välityskyky eli kapasiteetti on suurin liikenneyksiköiden määrä aikayksikössä, jonka tien tai kaistan voidaan olettaa jatkuvasti välittävän vallitsevissa tie-, ympäristö-, liikenne- ja ohjausolosuhteissa (Trafikverket et al. 2018). Tien suunnittelussa oleellista on, millainen liikennemäärä väylän täytyy pystyä välittämään. Tavallisin tietyyppi on yksiajoratainen tie, jossa on yksi kaista kumpaankin suuntaan. Yksiajorataisen, kaksikaistaisen tien maksimivälityskyky ihanteellisissa olosuhteissa on 2 600 ajon./h. Kaistamäärän kasvattaessa tien välityskyky kasvaa merkittävästi. Huomionarvoista on, että kaistamäärän kasvattaminen yhdestä kahteen nostaa yksittäisen kaistan välityskyvyn vähintään 2,5-kertaiseksi. (Liikennevirasto 2013c, Taulukko 5.2.)

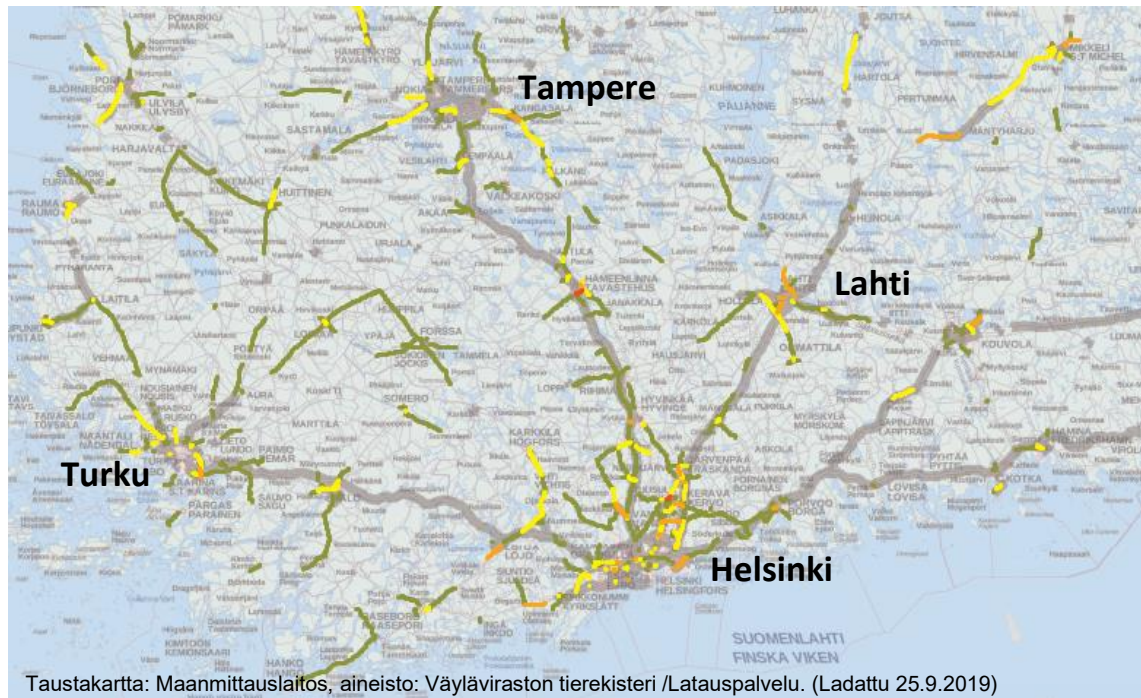
Huipputunti on se vuorokauden tunti, jolloin liikennemäärät ovat suurimmat. Jos siis väylän välityskyky on riittävä huipputunnin aikaan, se riittää myös muina vuorokaudenaikoina. Usein mitoittavana huipputuntiliikenteenä käytetään ohjevuoden 100. vilkkaimman tunnin liikennemäärää, joka on yleensä 10–18 % keskivuorokausiliikenteestä (Liikennevirasto 2013c, s. 15). Liikenneviraston (2015b) jaottelun mukaan normaaliliikenteisen väylän liikennemäärä voi olla korkeimmillaan 6 000 ajon./vrk, jolloin huipputunnin liikennemäärän voidaan edellä esitettyjen prosenttiosuuksien perusteella olettaa olevan 1 100–1 500 ajon./h. Yksiajorataisen väylän välityskyvyn, 2 600 ajon./h, pitäisi hyvin riittää palvelemaan normaaliliikenteiseksi luokitellun väylän liikennekysyntää.

Suomessa liikennemäärät ovat suurimpia kaupunkiseutuja lukuun ottamatta hyvin maltillisia, mikä on nähtävissä kuvan 4 oikeanpuoleisessa kartassa. Vasemmalla on esitetty kaksiajorataiset maantieosuudet.

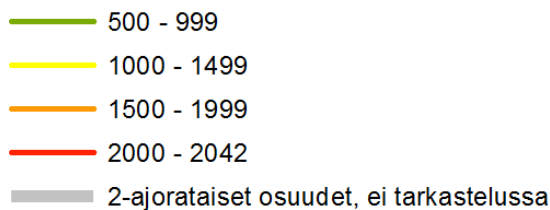


Kuva 4. Vasemmalla kaksiajorataiset maantieosuudet (Väylä 2019a, Ajoradat ja moottoriväylät). Oikealla Suomen maanteiden luokitus liikennemäärien mukaan. (Data: Väylä 2019a, Liikennemäärä. Liikennemäärien luokittelu Liikenneviraston 2015b mukaan. Taustakartat: Maanmittauslaitos.)

Kuvan 4 kumpaakin karttaa vertailemalla nähdään, että kaikki karttaan punaisella merkätyt, erittäin vilkasliikenteiset maantieosuudet ovat kaksiajorataisia. Oikealla esitetty kuva Suomen maanteiden luokituksista liikennemäärien mukaan on esitetty suurempana liitteessä D. Kuvassa 5 on kuvattu Etelä-Suomen alue, jossa yksiajorataisilla maanteilla huipputunnin liikennemäärät ovat selvästi muuta maata korkeampia. Koko Suomen mittakaavassa huipputunnin liikennemäärät yksiajorataisilla maanteilla on kuvattu liitteessä D. Kaksiajorataisten osuuskien huipputuntiliikennemääriä ei ole tarkasteltu.



Yksiajorataisen maantien huipputunnin liikennemäärä (ajon./h)



Kuva 5. Huipputunnin liikennemäärät yksiajorataisilla maanteilla Etelä-Suomessa. (Data: Väylä 2019a, Liikennemäärä; taustakartta: Maanmittauslaitos)

Vertaamalla luvussa esitettyjä kuvien 4 ja 5 karttoja yksiajorataisen tien maksimivälityskykyyn 2 600 ajon./h voidaan päätellä, että Suomen yksiajorataisten maanteiden välityskyky ei normaalitilanteessa ole lähellä tien teoreettista maksimivälityskykyä. Näin ollen tietyömaiden toteuttaminenkaan ei välttämättä tarkoita väylän ruuhkautumista. Näiden karttojen perusteella Suomen maanteilla tehtävät tietyöt eivät ole varsinaisesti verkostollinen ongelma. Työmaan toteutukseen tulee kuitenkin kiinnittää huomiota, jotta kohutuullinen palvelutaso saadaan työmaan aikana säilytettyä ja liikenteelle työmaasta aiheutuva paikallinen sujuvuushaitta pidettyä kohtuullisena.

Lähtökohtaisesti tietyömaan häiriövaikutus riippuu paljon kohteen liikennemäärästä. Näin ollen haastavimmat kohteet tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden kannalta ja ruuhkautumisen välttämiseksi ovat suurelta osin kuvassa 5 esitetyllä alueella. Kriittisillä eli väylän maksimivälityskykyä lähellä olevilla liikennemäärillä pienikin tietyömaasta tai muusta häiriöstä aiheutuva välityskyvyn lasku voi aiheuttaa häiriön leviämisen ja liiken-

teellisiä ongelmia laajalla alueella. Tietyömaiden aiheuttamasta häiriöstä johtuvat haasteet ovat erityisesti Etelä-Suomessa ja suurilla kaupunkiseuduilla liikennemäärien ollessa muita alueita selkeästi korkeampia. On kuitenkin muistettava työmaiden kohdekohtainen erilaisuus, jolloin määääviä tekijöitä liikenteelliseen haittaan on muitakin kuin kohteen liikennemäärä. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi julkinen liikenne ja sen tarvitsema infra, raskaan liikenteen määrä (tilantarve, hitaampi kiihdytys jne.) sekä kevyen liikenteen tarpeet.

Paikallisen häiriön minimoinnilla vähennetään paikallisten liikenteellisten häiriöiden ja tienkäyttäjien kokeman haitan lisäksi myös häiriön leviämistä kriittisillä liikennemäärillä. Etelä-Suomen liikennemäärät kasvavat toistaiseksi vuosi vuodelta, mikä tarkoittaa liikennemäärien ja väylien maksimivälityskyvyn erotuksen pienenemistä. Näin ollen tietöiden häiriövaikutuksen minimointi on tulevaisuudessa entistä tärkeämpää, jotta voidaan estää häiriön leviäminen ja turvata liikenteen sujuvuus liikennejärjestelmätasolla.

3.2 Liikenteen sujuvuus

Tienpidolla pyritään ylläpitämään teiden päivittäistä liikennöitävyyttä ja siten alueiden liikenteellistä saavutettavuutta. Liikenteellinen saavutettavuus on eri kohteiden saavutettavuutta tietystä paikasta ja tietyn kohteen saavutettavuutta eri paikoista (RIL 2005, s. 182). Saavuttaminen voidaan ajatella alueiden tai palvelujen saavuttamisen mahdollisuutena ja helppoutena, joka johtuu erityisesti tien liikennöitävyydestä ja liikennekelpoisuudesta (Parantainen 2002). Liikennevirran ominaisuuksien yhteydessä käytettävä termistö on laaja ja määritelmät moninaisia: yhdellä termillä voidaan tarkoittaa hieman eri asioita, mikä käy hyvin ilmi lähdekirjallisuudesta. Sujuvuuden määritelmään liittyvät Luoman (1998) mukaan käsitteet liikennöitävyys, toimivuus, tavoitettavuus, tehokkuus, vauhtomuus ja palvelutaso. Tarkempi käsitteelle annettu määritelmä riippuu kulloinkin käytettävästä näkökulmasta, jolloin merkittävässä osassa on se, tarkastellaanko sujuvuutta järjestelmä- vai yksilötasolla. Termit toimivuus, palvelutaso ja sujuvuus nivoutuvat aina jollakin tavalla yhteen. Näiden kaikkien termien yläkäsitteeksi voidaan ajatella liikenteellinen saavutettavuus. Yleisimmin käytetyt määritelmät näille termeille vaikuttavat olevan seuraavat:

- Toimivuus kuvaa järjestelmän suoriutumista sille tarkoitetussa käytössä (Ojala, Enberg & Luttinen 2007).
- Palvelutaso on liikennevirran toiminnallisten olosuhteiden kautta muodostuva laadun mittari (TRB 2000).
- Sujuvuus kuvaa toteutuneiden ja vapaiden liikkumisolosuhteiden eroa (Ojala, Enberg & Luttinen 2007).

Muissa julkaisuissa esiintyneitä määritelmiä sujuvuudelle ovat vallitsevan nopeustason poikkeama vapaasta nopeudesta (Mattila 2003), matka-aikojen pääosin ennakoitavissa oleva vaihtelu (Niinikoski et al. 2008), kokonaismatka-ajan ja liikkumisen mukavuuden samanaikainen kokeminen (RIL 2005, s.183) sekä liikkumisen joustavuus ja vaivattomuus (Parantainen 2002). Eräässä julkaisussa sujuvuuden määritellään myös olevan synonyymi termille liikennetehokkuus, joka on liikennesuoritteen laatua kuvaava mittayksikkö (Trafikverket et al. 2018).

Goebel & Suvanto (2005) käsittelevät sujuvuutta liikenteen ja väylänpidon vaikutusten arvioinnin yhteydessä. Kirjoittajien näkemyksen mukaan liikenteellinen saavutettavuus koostuu neljästä osatekijästä, jotka ovat liikkumisen mahdollisuus, yhteyden toimivuus, liikkumisen mukavuus sekä liikkumisen ja kuljettamisen kustannukset. Yhteyden toimivuus koostuu matka-ajasta, sujuvuudesta ja matka-ajan ennustettavuudesta. Sujuvuuteen vaikuttavat kirjoittajien mukaan erilaiset odotetut ja satunnaiset viivytykset. Sujuvuuden todetaan syntyvän kokonaismatka-ajan ja liikkumisen mukavuuden samanaikaisesta kokemisesta. (Goebel & Suvanto 2005.)

Niinikoski et al. (2008) ovat selvityksessään kuvanneet tieliikenteen toimivuutta. Selvityksessä toimivuus on määritelty matka-aikojen ja niiden vaihtelun perusteella. Määritelmä on pitkälti yhteneväinen Mattilan (2003) käyttämälle määritelmälle sujuvuudesta. Toimivuuden osatekijöitä ovat Niinikosken et al. (2008) mukaan yhdistävyys, sujuvuus ja toimintavarmuus. Yhdistävyys kuvaa hyvissä olosuhteissa ja ilman muun liikenteen vaikutusta saavutettavaa nopeusrajoitusten mukaista matka-aikaa. Yhdistävyys ei vaihtelee ajallisesti, koska se muodostuu tien kiinteistä ominaisuuksista. Sujuvuudella tarkoitetaan selvityksessä tien kiinteiden ominaisuuksien lisäksi liikennemäärän ja sen vaihtelun vaikutuksesta muodostuvaa matka-aikaa. Matka-aika vaihtelee säännöllisten, odotettujen nopeuden vaihtelujen sekä tilapäisten häiriötilanteiden aiheuttamien viivytysten vuoksi. Toimintavarmuus huomioi tieosan satunnaiset ilmiöt ja muodostuu häiriöherkkyydestä ja tiedottamisesta. Tienkäyttäjälle toimintavarmuus näyttäytyy matka-ajan ennustettavuuden ja luotettavuuden kautta. (Niinikoski et al. 2008.)

Palvelutaso (engl. level of service) on pohjoismaisten väyläviranomaisten yhteistyössä tuottaman sanaston mukaan sama asia kuin liikennöitävyys ja on ”liikennevirran ajamisolojen laadullinen mitta, joka perustuu palvelutekijöihin, kuten nopeus, tiheys, viivytys, matka-aika, ohjaamisen vapaus, liikennehäiriöt ja liikkumisen mukavuus” (Trafikverket et al. 2018). Määritelmä on sama kuin palvelutasotarkastelujen perusteoksena pidetyn amerikkalaisen käsikirjan Highway Capacity Manual neljännessä painoksessa (TRB 2000). Nevala et al. (2003) ovat jakaneet palvelutason yhteiskunnalliseen, tekniseen ja koettuun palvelutasoon kuvan 6 mukaisesti.



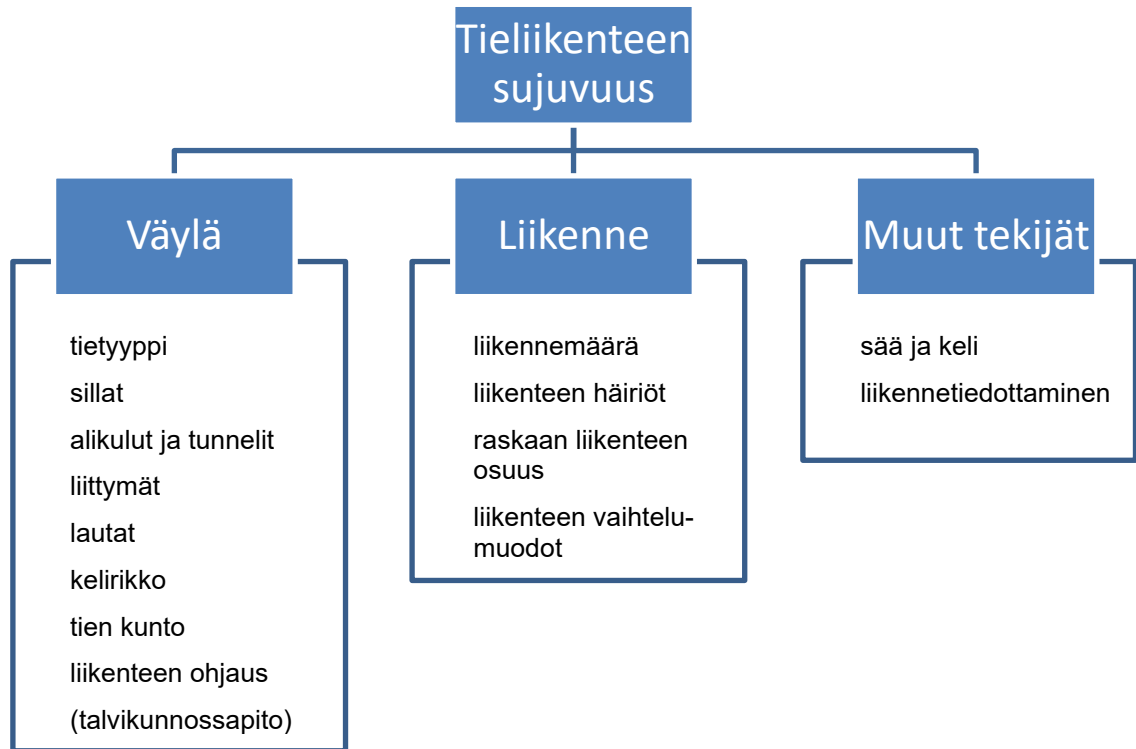
Kuva 6. Liikenteen palvelutason jaottelu. (Muokattu lähteestä Nevala et al. 2003.)

Yhteiskunnallinen palvelutaso on strateginen ja määrittää tekniseen palvelutasoon käytävissä olevat resurssit. Tekninen palvelutaso on verrattavissa Luoman (1998) käyttämään käsitteeseen ”järjestelmätason sujuvuus”. Sujuvuus järjestelmätasolla kuvaa, kuinka häiriöttömästi ja tehokkaasti tieliikenteen järjestelmä tai sen osa välittää siihen kohdistuvan kysynnän. Tekninen palvelutaso on taustalla tienkäyttäjän kokemuksessa, mutta koettu palvelutaso muodostuu teknisen palvelutason kuvaaman häiriöttömyyden lisäksi tienkäyttäjän odotuksista tieosuuden läpi kulkemisesta. Häiriöttömyys liittyy viivytksiin ja muihin haittoihin ja odotustenmukaisuus ennustettavuuteen. (Luoma 1998; Nevala et al. 2003.)

Sujuvuus-termi liittyy tiiviisti väylän välityskykyyn ja termiä käytetään usein teknisestä palvelutasosta puhuttaessa (Ojala, Enberg & Luttinen 2007). Luoma (1998) on määritellyt sujuvuuden ”liikenneverkon kykyä palvella liikennettä”. Määritelmä vastaa siis hyvin teknistä palvelutasoa ja määritelmät ovat siten melko hyvin linjassa keskenään. Luoma (1998) on kuitenkin sisällyttänyt sujuvuuden koskemaan teknisen palvelutason lisäksi myös tienkäyttäjän kokemusta ja erottelee nämä käsitteillä objektiivinen sujuvuus (tekninen palvelutaso) ja subjektiivinen sujuvuus. Luoma määrittelee subjektiivisen sujuvuuden samoin kuin Nevala et al. (2003) määrittelevät koetun palvelutason ja Goebel & Suunto (RIL 2005) liikkumisen mukavuuden. Luoman selvityksessä tieliikenteen sujuvuuteen vaikuttavat tekijät on jaettu väylätekijöihin, liikennetekijöihin ja muihin tekijöihin. Sujuvuuden tärkeimpiä tekijöitä ovat Luoman mukaan tavoitenopeus tai -aika, matka-aika, matkanopeus, liikennemäärä ja olosuhdetekijät (Luoma 1998, s. 11–13).

Mattila (2003) esittää vielä yhden sujuvuuteen liittyvän määritelmän lisää. Mattilan mukaan sujuvuus on sama asia kuin liikennetilanne ja se on määritelty kuvaamaan vallitsevan nopeustason poikkeamaa vapaasta nopeudesta. Tämä on yksi sujuvuuden mittari,

mutta rajaa sujuvuuden määritelmän melko kapeaksi. Kuten kuvasta 7 nähdään, Mattilan (2003) määrittelemä sujuvuus rajautuu Luoman (1998) jaottelussa vain liikennetekijöihin. Sujuvuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa myös staattisiin ja dynaamisiin tekijöihin. Staattiset tekijät ovat muuttumattomia tai hitaasti muuttuvia ja dynaamiset tekijät muuttuvat ajan mukaan. (Luoma 1998, s. 14–15.)



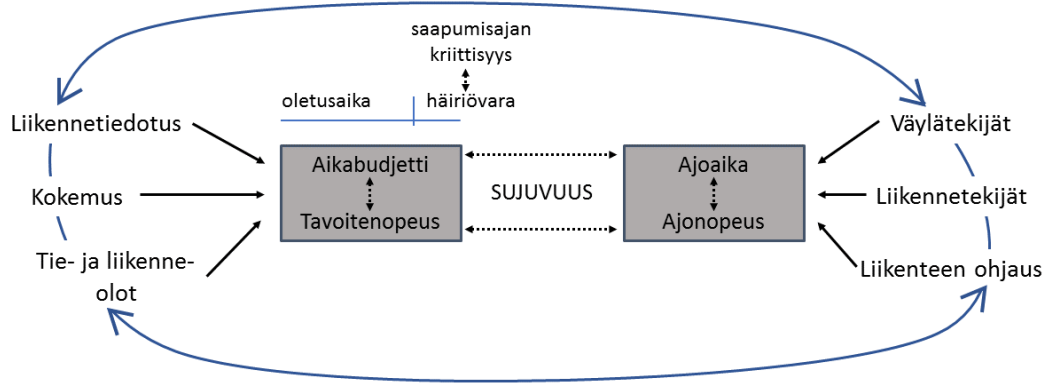
Kuva 7. Tieliikenteen sujuvuustekijät. (Muokattu lähteestä Luoma 1998.)

Liikennevirtateoriaan keskeisesti liittyvä väylän kapasiteetti eli välityskyky muodostuu kuvassa 7 listatuista väylätekijöistä sekä säästä ja kelistä. Liikennevirran ominaisuudet ovat kaikkien kuvassa esitettyjen tekijöiden yhteisvaikutus ja lopputulosta voidaan arvioida sujuvuuden kautta.

Luoma (1998) on luokitellut sujuvuuden objektiiviseen ja subjektiiviseen sujuvuuteen sen mukaan, onko kyse tulkinnasta tai kokemuksesta vai erilaisin mittarein saavutetuista mitaustuloksista. Subjektiivista sujuvuuden kokemista voidaan selvittää esimerkiksi haastatteluin tai kyselyin. Objektiivista sujuvuutta voidaan mitata muun muassa liikennevirran ominaisuuksia tai yksittäisiä ajoneuvoja tarkkailemalla. Objektiivisen sujuvuuden mittarit liittyvät yleensä matka-aikoihin, liikennemääriin tai jonoutumiseen ja ovat siten yleensä numeerista tietoa. Mitattavien muuttujien heijastuminen subjektiiviseen sujuvuuteen on yksilön kokemus, johon vaikuttavat ulkoisten tekijöiden lisäksi oleellisesti tienkäyttäjien taustatekijät kuten matkan tarkoitus, odotukset ja arvostukset. Sujuvuuteen liittyykin

oleellisesti arvottamisen ongelma: esimerkiksi matka-ajan merkitys sujuvuuden kokemisessa on hyvin vahvasti sidonnainen matkan tarkoitukseen. Siksi objektiivisen sujuvuuden yhteydessä on huomioitava myös subjektiivinen sujuvuus, vaikka sitä ei tarkemmin tarkasteltaisikaan. (Luoma 1998; Nevala 2003.)

On myös hyvä huomioida, että sujuvuuden kokeminen poikkeaa tavallisen tienkäyttäjän ja ammattiliikenteen välillä: siinä missä tavallinen tienkäyttäjä arvostaa ehkä vapaata ajoa ja mahdollisimman korkeaa nopeusrajoitusta, kuljetusliikenteelle ja julkiselle liikenteelle arvokasta on matka-ajan hyvä ennustettavuus ja luotettavuus matka-ajan minimoinnin sijaan (Luoma 1998). Kuvassa 8 esitetään tienkäyttäjän kokemaan sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä ja niiden välisiä yhteyksiä. Luoman (1998) mukaan tavoitenopeuden ja ajonopeuden välinen ero kuvaa parhaiten henkilöauton kuljettajien sujuvuuden kokemista.



Kuva 8. Tienkäyttäjän kokemus sujuvuus. (Muokattu lähteestä Luoma 1998.)

Aiemmin laadituissa selvityksissä (esim. Nevala et al. 2003) todetaan sujuvuuteen ja palvelutasoon liittyvän termistön olevan epätarkkaa ja määritelmien vaihtelevan lähteestä riippuen, mikä todettiin myös tämän työn yhteydessä. Sujuvuus-termin monitulkintaisuudesta johtuen tieliikenteen sujuvuudelle on vaikeaa asettaa konkreettisia tavoitteita ja niiden toteutumisen mittaaminen ei ole helppoa. Selvityksissä (esim. Nevala et al. 2003) esitetty tarve viranomaisten määrittelemälle yhteiselle termistölle on edelleen voimassa.

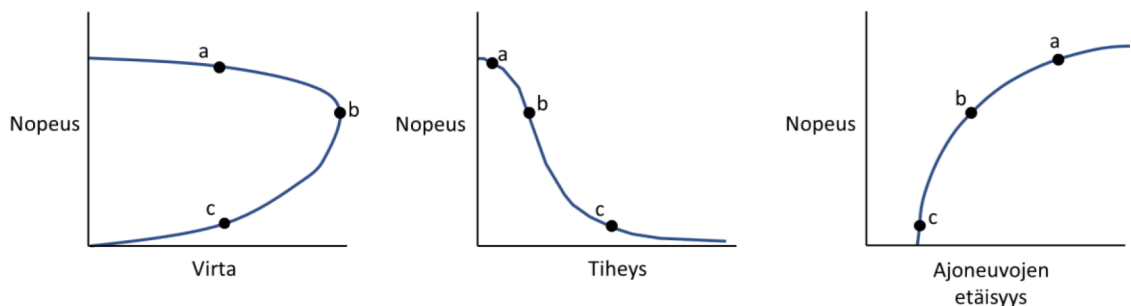
3.3 Liikenteen mallintaminen ja liikennetietojen mittaaminen

Liikenteen sujuvuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä mietittäessä on tärkeää ymmärtää niiden mahdolliset vaikutukset. Vaikutusten ymmärtämiseksi tarvitaan ymmärrystä liikenteen ominaisuuksista ja tekijöistä kunkin ominaisuuden taustalla. Tätä varten tarvitaan mittaustietoa liikenteestä, jonka pohjalta voidaan kehittää matemaattisia malleja ja tehdä todellista tilannetta kuvaamaan pyrkiviä simuloiteja.

Tieliikenteen ominaisuudet voidaan jakaa kolmeen luokkaan: yksittäisen ajoneuvon ominaisuudet, liikenteen ominaisuudet sekä ympäristön ominaisuudet. Yksittäisen ajoneuvon ominaisuudet ovat joko hetkellisiä (esim. saapumisaika, nopeus) tai muuttumattomia (esim. ajoneuvoluokka, leveys). Liikenteen ominaisuuksia kuvaavat ajoneuvon läsnäolo ja liikkuminen, jono, liikennevirta (vrk, tunti), sekä alueen tai kaistakohtainen kuormitusaste. Ympäristön ominaisuudet voidaan jakaa säähän (tuulisuus, lämpötila, näkyvyys jne.) tai tienpintaan eli keliin (päällysteen ja tierakenteen lämpötila, kitkakerroin, vesi/jää/lumi tien pinnalla) liittyviin sekä muihin (esim. melutaso, ilmansaasteet/pölyisyys, saasteet vesistöihin) tekijöihin. (Sroka 2002, s.717.)

Liikennevirta tarkoittaa liikenneväylällä tai kaistalla yhteen suuntaan kulkevia liikenneyksiköitä. Liikennevirtateorialla pyritään mallintamaan liikennevirtaa matemaattisesti ja niiden avulla laskemaan liikenteen sujuvuuden tunnuslukuja. Liikennevirran perussuureita ovat liikennemäärä, liikennetiheys ja liikennevirran keskinopeus. Näistä suureista muodostuu liikennevirran perusyhtälö $q = v * d$, jossa q on liikennemäärä, esim. ajon/h, v on liikenneyksiköiden nopeus ja d on liikennetiheys, esim. ajon./km. (Luttinen et al. 2005.)

Kuvassa 9 on esitetty liikennevirtateorian mukaiset peruskuvaajat. Piste a kuvaa häiriötöntä, ruuhkautumatonta tilannetta, piste b kuvaa tilannetta, jolloin liikennemäärä vastaa välityskykyä ja pisteessä c liikennevirta on ruuhkautunut. Ensimmäinen kuvaaja esittää liikennevirran nopeuden suhteen, toisessa (keskimäinen) kuvataan tiheyden ja nopeuden suhdetta ja kolmannessa kuvaajassa peräkkäin ajavien autojen etäisyyden ja nopeuden suhdetta.



Kuva 9. Liikennevirtateorian mukaiset peruskuvaajat. (Muokattu lähteestä Van Aerde & Rakha 1995, Luoman 1998 mukaan.)

Liikennetiheys kuvaa ajoneuvojen yhtäaikaista määrää tietyn pituisella tiejaksolla. Liikennetiheys vaikuttaa kuljettajien nopeuksiin: kun liikennetiheys on pieni, liikennevirran nopeus on niin kutsuttu vapaa nopeus, koska ajoneuvojen välillä ei ole vuorovaikutusta. Kun liikennetiheys kasvaa ja vuorovaikutus lisääntyy, nopeudet alenevat.

Liikennetiheyden ja liikennemäärien välisestä riippuvuudesta muodostuu välityskyky eli kapasiteetti. Nopeus-liikennemääräkuvaaja (kuvassa 9 liikennemäärää kuvaa termi

”virta”) piirtyy paraabelina: kun liikennetiheys kasvaa, liikennemäärä eli jonkin pisteen ohittavien liikenneyksiköiden määrä tietyssä ajassa kasvaa tiettyyn tiheyden pisteeseen asti, minkä jälkeen se alkaa vähetä. Tiheyden lähestyessä maksimiarvoaan liikennemäärä kuten myös liikenneyksiköiden nopeus lähestyvät nollaa. Välityskyky eli kapasiteetti on se paraabelin arvo, jolloin liikennemäärä on huipussaan (kuva 9, tilanne b). Tämän tilanteen liikennetiheyttä kutsutaan kriittiseksi tiheydeksi, koska tiheyden kasvaessa tästä liikennemäärä alkaa laskea ja liikenteestä tulee usein epävakaa ja ruuhkautunut. Nopeus tällaisessa tilanteessa on nimeltään kriittinen nopeus. (Luttinen 2013.)

Välityskyvyn laskemiseen on kehitetty erilaisia laskentamenetelmiä. Välityskyky riippuu väylän ominaisuuksien lisäksi vallitsevista olosuhteista (Luttinen 2013, s. 46). Kun väylä ei pysty välittämään kaikkea siihen kohdistuvaa kysyntää, eli kun väylälle pyrkivää liikennettä on enemmän kuin väylä voi välittää, tapahtuu ruuhkautuminen. Ruuhkan syynä voi olla suuri kysyntä, alentunut väylän välityskyky tai normaalitilannetta alhaisempi liikennevirran nopeus. Ruuhkautumisesta kertovat alemmat nopeudet ja jonoutuminen. Ruuhkaa voidaan analysoida esimerkiksi nettovirtausmallilla tai shokkiaaltomallilla. (Luttinen et al. 2005; ITE et al. 2016.)

Väylän välityskykyä alentavat erilaiset liikenteen häiriötilanteet aiheuttavat liikennevirran häiriintymisen ja siten heikentävät liikenteen sujuvuutta. Häiriön taustalla voi olla ylikysyntä, huono sää tai satunnaiset häiriöt. Satunnaiset häiriöt heikentävät sujuvuutta aiheuttaen tienkäyttäjille usein odottamattomia viivytyksiä. Tietyömaat ovat yksi esimerkki liikenteen satunnaisista häiriöistä. Välityskyvyn alenemisesta aiheutuva paikallinen ylikysyntä ilmenee esimerkiksi nopeuden suurina ja äkillisinä muutoksina, suurina kaistojen välisinä nopeuseroina, liikennetiheyden paikallisina eroina, jonoutumisena sekä kaksikaistaisilla teillä paikallisesti ohitusten määrän muutoksena. (Luoma 1998, s. 21; Innamaa & Pursula 2002, s. 20.)

Liikennevirtamalli kertoo liikennevirran perussuureiden välisestä riippuvaisuudesta ja sillä pyritään kuvaamaan mahdollisimman tarkasti todellista liikennevirtaa. Liikennevirtamallien yksityiskohtaisuus vaihtelee, ja ne voidaan luokitella sen perusteella mikroskooppisiin, makroskooppisiin ja mesoskooppisiin malleihin. Mikroskooppisissa malleissa tarkastellaan yksittäisiä liikenneyksiköitä, tässä tapauksessa ajoneuvoja. Makroskooppisilla malleilla tarkastellaan liikennevirran keskimääräisiä ominaisuuksia ja niiden muutoksia väylällä tai sen osalla. Mikro- ja makromallit ovat deterministisiä liikennevirtamalleja, joissa liikennettä kuvataan neste- ja kaasuvirtausten tavoin. Mesoskooppiset mallit ovat edellä mainittujen mallien välimuoto, joka keskittyy ajoneuvoryhmiin. Niissä hyödynnetään usein tilastomatematiikkaa, jolloin ne ovat stokastisia liikennevirtamalleja. Liikennevirtamallin realistisuudelle on asetettu seuraavat ehdot (Mäntynen et al. 2012):

1. Kun tiheys on nolla, myös liikennemäärän on oltava nolla
2. Kun tiheys kasvaa maksimiarvoonsa, liikenne on pysähdyksissä, joten liikennemäärän on oltava nolla
3. Kun tiheys on nolla, autojen välillä ei ole vuorovaikutusta eli nopeus on vapaa
4. Kun liikennetiheys on suurimmillaan, liikennevirta ei liiku ja nopeus on nolla
5. Tiheyden lähestyessä nollaa nopeuden tulee olla vapaa ja tiheys–nopeuskuvauksen derivaatan tulee olla nolla.

Hyvin harva liikennevirtamalli täyttää kaikki viisi sen realistisuudelle asetettua ehtoa. Vaikka malli täyttäisi ehdot, se ei silti takaa todellisen liikenteen mallinmukaisuutta. (Lutinen et al. 2005; Mäntynen et al. 2012.)

Liikennevirtaa voidaan tutkia maastossa toteutettavien tarkasteluin tai simuloimalla, jossa pyritään jäljittelemään todellisuutta sitä kuvaavan tietokonemallin avulla. Malliin pyritään jäljittelemään liikenneinfrastruktuuri sekä siinä kulkeva liikenne todellisuutta vastaavaksi. Liikenteen simulointia voidaan tehdä sekä makro-, meso- että mikrotasolla. (Liikennevirasto 2013b.)

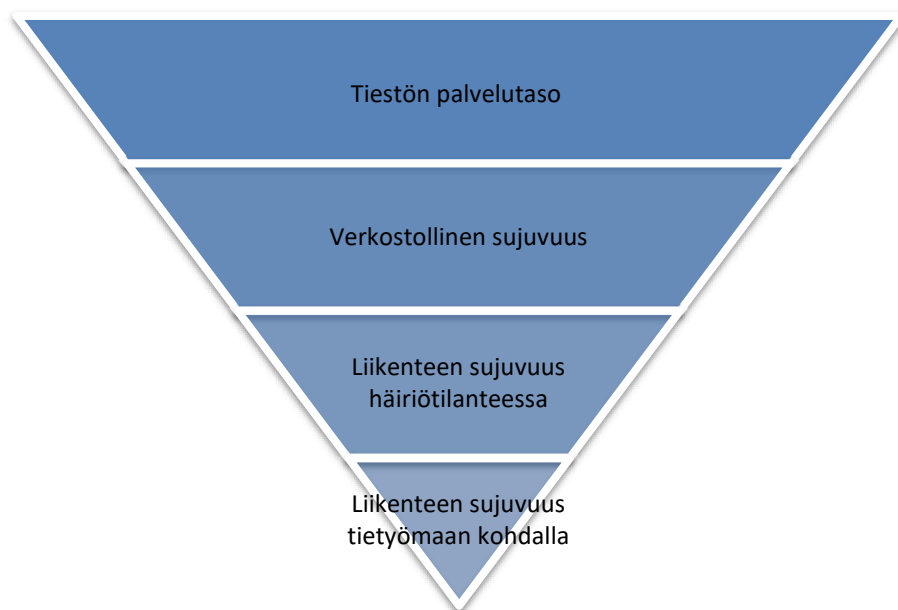
Liikennetiedon keräämiseen käytetään erilaisia ilmaisimia. Nämä voidaan jakaa upotettuihin ja maanpäällisiin ilmaisimiin. Upotettuja tai tien pintaan asennettavia ilmaisimia ovat esimerkiksi letkuilmaisimet, induktiosilmukat, magnetometrit sekä kuituoptiset ilmaisimet. Maanpinnan yläpuolisia ilmaisimia ovat muun muassa tutka (mikroaaltoilmaisim), laserilmaisim, infrapunailmaisim sekä videokamera (kuvatulkinta sekä koneellisesti että manuaalisesti). (Sroka 2002, s. 720, 723.) Myös kännykkäteknologian (esim. GSM-paikannus) käyttö liikennetietojen keräämiseen ilmaisimen tavoin tai anturiajoneuvo luetaan maanpäällisiin ilmaisimiin (Innamaa & Pursula 2002, s. 31).

Upotetut ilmaisimet kuten usein kiinteässä liikennevalo-ohjauksessa käytetty induktiosilmukka eivät sovellu tietyömaille niiden korkeiden asennuskustannusten ja ilmaisintarpeen väliaikaisuuden vuoksi. Sen sijaan maanpinnan yläpuoliset ilmaisimet ovat harkittavissa työmaan läpi kulkevan liikenteen seurantaan niiden asennuksen ja poistamisen helppouden sekä siirrettävyyden vuoksi. Tienvarsi-ilmaisimien heikkoutena on kuitenkin sääolosuhteille altistuminen ja siitä mahdollisesti aiheutuva tulosten epätarkkuus. (Sroka 2002, s. 720, 723.)

Sujuvuuden mittaamisen ongelmana on edustavien, asiaa kuvaavien mittareiden löytäminen. Tämä on todettu myös aiemmissa selvityksissä (esim. Nevala et al. 2003). Sujuvuusmittarin edellytyksiä ja hyödyllisyyttä käsitellään tarkemmin luvussa 5.

3.4 Liikenteen sujuvuustekijät tietyömaalla ja niihin vaikuttaminen

Tietyömaa on tieliikenteen häiriötilanne eli poikkeuksellinen tapahtuma, jolla on vaikutuksia sen läpi kulkevan liikenteen sujuvuuteen tien fyysisten ja toiminnallisten ominaisuuksien muuttuessa. Häiriövaikutuksen minimointi on tärkeää, jotta liikenteellinen saatavuus voidaan säilyttää myös tietyömaan aikana. Negatiivisen vaikutuksen suuruutta ja syitä sen taustalla voidaan arvioida tarkastelemalla tarkemmin alan toimintamalleja, tietyömaiden järjestelyjä ja liikenteellisiä ominaisuuksia. (Esim. Tielaitos 2000.) Kuva 10 esittää, kuinka tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden tarkastelu suhteutuu laajempaan verkostolliseen sujuvuuteen ja tiestön palvelutasoon.



Kuva 10. Tietyömaan liikenteellinen sujuvuus osana tiestön palvelutasoa.

Tietyömaa vaikuttaa tien ominaisuuksiin alentaen lähes poikkeuksetta välityskykyä paikallisesti. Työmaan vaikutuksesta muodostuu liikenteellinen pullonkaula, mikä johtaa viivytyksiin ja kriittisillä liikennemäärillä ruuhkautumiseen. Liikenteen sujuvuuden parantaminen tietyömailla edellyttää tietyömaalla vallitsevien sujuvuustekijöiden tunnistamista. Niiden pohjalta tulisi tunnistaa työmaiden toteutuksen yhteys eri sujuvuustekijöihin. Niiden työmaalla vaikuttavien käytäntöjen ja liikenteellisten ominaisuuksien tunnistaminen, joihin voidaan kustannustehokkaasti vaikuttaa, mahdollistaa toimenpiteiden kohdistamisen oikeisiin asioihin ja johtaa liikenteen sujuvuuden parantumiseen tietyömaalla. Kuvassa 11 on kuvattu liikenteen sujuvuuteen työmaan kohdalla vaikuttavia tekijöitä ja ovatko tekijät pääasiassa riippuvaisia tienkäyttäjistä, urakan parissa toimivista henkilöistä ja alan toimintatavoista vai työmaakohteessa vallitsevista olosuhteista. Sujuvuustekijät perustuvat luvussa 3.2 esitettyyn kuvaan 7.



Kuva 11. Liikenteen sujuvuustekijät työmaalla ja keinoja, joilla niihin voidaan pyrkiä vaikuttamaan.

Kuvassa 11 esitetyillä vaikuttamisen keinoilla voidaan vaikuttaa sekä hankkeessa toimivien että tienkäyttäjien toimintaan ja sitä kautta parantaa sujuvuutta. Väyläviraston ohjeilla ja urakkakohtaisissa sopimuksissa esitettävien vaatimuksien sekä riittävällä ja yhdenmukaisella työmaan valvonnalla voidaan vaikuttaa ennen kaikkea toteuttamisen laatuun. Työnaikaisten liikennejärjestelyjen ja -ohjauksen toteutus sisältää muun muassa liikenteenohjauslaitteiden sijoittelun, käytettävät materiaalit, nopeusrajoitukset, liikenteen pysäytysten kestot sekä yllättävät tilanteet kuten konerikot. Kiertotiejärjestelyin voidaan saada ainakin osa liikenteestä pois työmaakohteesta, mikä sujuvoittaa sekä liikennettä tietyömaan läheisyydessä että itse työn toteuttamista. Myös laadukkaan ja ajantasaisen tiedottamisen kautta pystytään mahdollisesti vähentämään liikenteen kysyntää työmaakohteesta ja lisäksi vaikuttamaan ajokäyttäytymiseen ja asenteisiin. Ajokäyttäytyminen riippuu lisäksi työmaan liikennejärjestelyjen selkeydestä ja perusteltavuudesta. Tien staattiset ominaisuudet asettavat reunaehdot työmaan toteuttamiselle. Toteuttamisessa joudutaan usein tekemään kompromisseja työn tekemisen ja liikenteen vaatiman kapasiteetin ja tilantarpeen välillä. Liikenteen verkostolliseen sujuvuuteen vaikuttavista sää-

ja keliominaisuuksista työmaan sujuvuuteen vaikuttavat pääasiassa ilman lämpötila, sademäärä sekä ajoradan pinnan lämpötila. Näihin ei luonnollisesti pystytä vaikuttamaan, joten työt on sopeutettava vallitsevien olosuhteiden mukaan. Erityisesti päällystys- ja tiemerkintätoissa säätila saattaa vaikuttaa negatiivisesti toteutuksen aikatauluihin, jolloin häiriön ja alhaisemman sujuvuuden kesto pitenee.

Jos liikennemäärät ovat selvästi alhaisemmat kuin väylän välityskyky tietyön aikana, tietyömaan häiriövaikutus pysyy paikallisena eikä heijastu ympäröivälle tieverkolle. Ajoneuvojen keskinäinen vuorovaikutus ei lisäännä kohtuuttomasti ja sujuvuus säilyy hyvänä. Subjekttiivinen sujuvuus vaihtelee aina tienkäyttäjakohtaisesti, mutta myös objektiivinen sujuvuus voi olla hyvin erilainen eri tienkäyttäjillä. Esimerkiksi työmaalla, jossa liikenne joudutaan aika ajoin pysäyttämään, häiriö on jonoon ensimmäiseksi saapuvalla suuremman viivytyksen vuoksi selvästi suurempi kuin viimeiselle.

Tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta parantamalla voidaan vähentää tietyömaasta aiheutuvia aika-, ajoneuvo-, onnettomuus- ja ympäristökustannuksia. Konkreettisemmin se tarkoittaa tietyömaan liikenteelle aiheuttamien viivytysten, pakokaasupäästöjen ja polttoaineen kulutuksen pienenemistä, onnettomuusriskin laskua sekä tienkäyttäjien ajomukavuuden parantumista. (Tielaitos 2000.)

Keinot tilapäisten liikenteen häiriöiden kuten tietyömaiden aiheuttamien viivytysten pienentämiseksi voidaan jakaa tarjontaan ja kysyntään vaikuttaviin keinoihin. Tarjontaa parantavia keinoja ovat työmaan keston lyhentäminen, toimien ajoittaminen ruuhkatuntien ulkopuolelle, kapasiteetin säilyttäminen (esim. väliaikaiset ruuhkasuunnan perusteella ajosuunnan määräävät kaistat, kaistaleveyden ja -määrän säilyttäminen), kaistan tarjoaminen pientareelle, työturvallisuus ja kiertotiet. Kysyntään vaikutetaan asettamalla turvalliset nopeusrajoitukset, luomalla nopeusrajoitusta tukeva työmaaympäristö ja tarjoamalla tienkäyttäjille informaatiota työmaiden sijainneista ja ajoituksista. (Falcocchio & Levinson 2015.)

Tietyömaihin liittyvä liikenteen sujuvuus on ELY-keskuksen intresseissä, koska se on alueellaan maanteiden tienpitoviranomainen ja töiden tilaaja. Tilaajan on mahdollista pyrkiä vaikuttamaan sujuvuuteen toteuttajilta edellytettävien asioiden kautta. Verkostollisesta tieliikenteen sujuvuudesta vastaa liikenteenhallinnan keinoin ennen kaikkea ITM Finland.

3.5 Näkemyksiä liikenteen sujuvuudesta päällystystyömaalla

Haastatteluissa nousseet kehityskohteet ja -toiveet painottuivat päällystystyömaihin, mikä ohjasi työn painotusta tarkastelemaan päällystystyömaita tarkemmin. Luku pohjautuu haastatteluihin.

Päällystystyömaan läpi kulkeva liikenne sujuu haastateltavien mukaan ”yllättävän” hyvin, kun työnteolle asetetut, vuorokaudenaikoihin pohjautuvat aikarajoitukset on katsottu tarkkaan. Työnaikaisten ongelmien määrän on koettu vähenevän vuosi vuodelta. Haastateltavat pitivät tärkeänä työmaan sujuvuuden kannalta, että kohdekohtaiset haasteet osataan tunnistaa ennakkoon. Suunnitteluvaiheessa tehty tarkka alkutyö helpottaa työmaanaikaista toimintaa. Päällystystöissä paras työmaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuus saavutetaan haastateltavien mukaan pitämällä työn kaistavaraus mahdollisimman lyhyenä. Tämä onnistuu työmaahenkilöstön toimiessa ohjeiden mukaan siirtämällä ohjausaitaa aina, kun vaadittavan työtilan puolesta on mahdollista.

Pääsääntöisesti toimitaan tilaajan urakkapapereihin asettaman työaikarajoituksen mukaan ja tämän pohjalta urakoitsija laskee kustannukset. Urakoitsija on joissakin tapauksissa tehnyt aloitteen työskentelyaikojen kohdekohtaiseen laajentamiseen, jolloin on saatettu yhteistyössä tarkastella, olisiko liikennemäärien puolesta edellytyksiä tehdä töitä väljemmällä aikaikkunalla ilman että sujuvuus kärsii liikaa. Joissakin kohteissa urakoitsija on itse laskenut manuaalisesti liikennettä saadakseen työaikarajoituksia väljemmiksi, mutta yleensä pohjatietona käytetään yleisen liikennelaskennan avulla tuotettua liikennemäärätietoa.

Tieliikenteen sujuvuutta radikaalisti heikentävä tekijä on ruuhkautuminen. Päällystystyömailla ruuhkautumista voidaan tehokkaimmin välttää tekemällä töitä yöaikaan, kun liikennemäärät ovat huomattavasti päiväsaikaa pienempiä. Haastatellut urakoitsijat valitsivat kuitenkin mieluummin kohtuullisen ruuhkautumisen ja päivätyön kuin yötyön kuormittavuuden ja riskit. Muita haastatteluissa esiin nousseita keinoja ruuhkautumisen välttämiseksi ovat liikenteenohjaajien riittävä ohjeistus sekä päällystystyön etenemisen seuranta ja hallinnointi. Liikenteenjärjestelijän tai työnjohtajan pitää tarkkailla tilannetta, koska liikenteenohjaaja ei välttämättä näe jonon päätä eikä tällöin tiedä jonon pituutta. Ruuhkautumiseen voidaan reagoida pidentämällä liikenteen läpimenoaikoja eli vihreän liikennevalon kestoa. Erään haastateltavan mukaan yksi ruuhkautumisen mittari on jonon venyminen alennetun nopeusrajoituksen ulkopuolelle, mutta silloin tilanne on jo hälyttävä.

Viime kädessä työmaan aloitusta arvioitaessa työnjohdon rooli korostuu, koska työnjohtaja on paikalla ennen kuin työt aloitetaan. Työnjohtajan tulisi havaita, jos liikennemäärä

on niin suuri, ettei töiden aloittaminen sillä hetkellä ole järkevää. Ohjaajien puheyhteys, työmaahenkilöstöltä saatavat tiedot ja toimijoiden henkilökohtaiset arviot riittävät haastateltavien näkemyksen mukaan takaamaan työmaan läpi kulkevan liikenteen sujumisen.

Haastateltavilla on vuosittain ollut muutamia päällystyskohteita, joissa pahempi ruuhkautuminen on tapahtunut. Tapaukset eivät kuitenkaan ole varsinaisesti johtuneet vääränlaisista toimintatavoista tai huonosta aikaikkunasta, vaan päivän erityispiirre kuten jokin tapahtuma, on jäänyt huomioimatta. Jos osuus on ruuhkautumassa tai ruuhkautunut, ei päällystystyötä ole välttämättä järkevää jatkaa esimerkiksi risteysalueelle. Hyvin pahassa ruuhkatilanteessa työt on joskus jouduttu lopettamaan kesken työvuoron, mutta se vaikuttaa haastattelujen perusteella olevan melko harvinaista. Jos päällystystyöt aloitettaessa huomataan, että työ aloitettiin liian aikaisin, haastateltavien mukaan tavallisesti siedetään työvuoron aikana tapahtuva ruuhkautuminen ja pyritään jatkossa välttämään ruuhkautuminen muuttamalla työn aloitusaikaa seuraavana päivänä. Intressit työn pysäyttämiseen ja palvelutason säilyttämiseen mahdollisimman hyvänä ovat kuitenkin ennen kaikkea työn tilaajalla eivätkä urakoitsijalla, joten työn keskeyttämistä tällaisissa tilanteissa olisi jotenkin edellytettävä tilaajan puolelta.

3.6 Liikenteenhallinta ja tietyömaista tiedottaminen

Liikenteenhallinnan toimien avulla pyritään turvallisempaan ja sujuvampaan liikenteeseen. Tavoitteena on myös vähentää liikenteen päästöjä ja hyödyntää väyläkapasiteettia tehokkaammin, hillitä liikenteen kysyntää sekä vaikuttaa kulkutavan, reitin ja matkan tai kuljetuksen ajankohdan valintaan. Tieliikenteessä liikenteenhallintaan liittyvät osa-alueet ovat liikenteen tiedotus, liikenteen ohjaus, kysynnän hallinta, kaluston ja kuljetusten hallinta, häiriönhallinta sekä kuljettajan tuki- ja valvontajärjestelmät. (Schirokoff et al. 2013.) Myös tiedonkeruu- ja hallintajärjestelmät voidaan lukea liikenteenhallintaan (Kosonen & Kulmala 2004).

Tietyömaa on liikenteen häiriö, joten sitä tulee liikenteenhallinnan näkökulmasta tarkastella erityisesti häiriönhallinnan kautta. Toisin kuin esimerkiksi onnettomuudet tai huono sää, tietyömaat ovat ennustettavissa (Luoma 1998, s. 21). Ennakkotieto tietyömaista on ennen kaikkea tilaajalla ja pääurakoitsijalla, mikä mahdollistaa kohdekohtaisen ennakosuunnittelun eri tavalla kuin esimerkiksi onnettomuustilanteessa.

Tietyömaajärjestelyt sisältävät paljon liikenteenhallinnan tekijöitä. Tilaaja määrittää raamit tietyömaan liikenteenhallinnalle, josta viime kädessä vastaa urakoitsija järjestelyjen toteuttajana. Työnaikaiset liikennejärjestelyt ovat kokonaisuudessaan liikenteenhallintaa

pyrkimyksenä luoda turvalliset olosuhteet niin kohteen työmaahenkilöstölle kuin liikenteelle rajoittamatta tarpeettomasti työn toteuttamista tai liikenteellisiä olosuhteita.

Liikenteenhallinnan perusedellytyksenä on ajantasainen kokonaiskuva liikenteestä ja olosuhteista sitä tarvitsevien käyttöön (Kosonen & Kulmala 2004). Ajantasaisen kokonaiskuvan muodostamisessa hyvin tärkeänä tekijänä on ITS (intelligent transport systems and services) eli älyliikennejärjestelmät ja -palvelut. ITS soveltaa tietojenkäsittely- ja tietoliikennejärjestelmiä ja -palveluita liikenteeseen ja liikenneinfrastruktuuriin (Trafikverket et al. 2018). Älyliikenteen järjestelmissä siis hyödynnetään esimerkiksi elektronikkaa ja tietokoneita, joiden avulla kerätään ja analysoidaan tietoa sekä toteutetaan liikenteenhallintaan liittyviä toimenpiteitä. Näitä ITS:n mahdollistavia järjestelmiä kutsutaan liikenteen telematiikaksi. ITS:stä on muodostunut merkittävä osa liikennejärjestelmiä ja -palveluita ja sen hyödyntäminen tuo usein hyötyjä, joita voi olla käytännön toteutuksen tasolla liikennejärjestelmää kehittämällä vaikeaa, jopa mahdotonta saavuttaa. (ITE et al. 2016, s. 940.)

Älyliikennejärjestelmien hyödyntäminen tietyömailla parantaa sekä liikenteen että työmaahenkilöstön turvallisuutta ja vähentää työmaan vaikutuksia, mikä sujuvoittaa liikennettä. ITS tuo aika- ja kustannussäästöjä, parantaa työn laatua sekä vähentää tienkäyttäjien turhautumista. (Luttrell et al. 2008; FHWA 2019b.) ITS-teknologia tarjoaa ratkaisuja tietyömaille seuraaviin toimintoihin (FHWA 2019a):

- liikenteen seuranta ja hallinta
- tiedon tarjoaminen tienkäyttäjille
- häiriönhallinta
- tienkäyttäjien ja tietyömaan työntekijöiden turvallisuuden parantaminen
- kapasiteetin kasvattaminen
- liikenteen valvonta (esim. nopeusvalvonta)
- sopimuksen kannustimien ja sanktioiden seuranta ja arviointi, suoriteperusteinen urakointi
- tietyömaan suunnittelu.

Joitakin ITS:ään perustuvia ratkaisuja käsitellään luvussa 4. Oleellista älykkäiden järjestelmien tuomisessa tietyömaille on ratkaisujen reaaliaikaisuus, siirrettävyys, automaattisuus sekä luotettavuus (Pant 2017).

Tiedotuksen vaikutukset ovat yleisiä ja vaikeita mitata, jolloin sen hyötyä on vaikeaa todistaa. Usein tiedottamisen odotetaan tehostavan jonkin muun toimenpiteen vaikutusta. ITS:n merkitys tienkäyttäjille kohdistettavassa tiedottamisessa on suuri. Tiedottamista

voidaan tehdä kolmella tasolla: liikkujan strategisen, taktisen ja operationaalisen päätöksenteon tueksi. Strategisen päätöksenteon avuksi tarjottava tieto auttaa tienkäyttäjää varautumaan ja vaikuttaa tasoista merkittävimmin liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Taktisen tason päätöksenteko määrää kuljettajan vuorovaikutuksen muiden liikkujien kanssa kuten nopeudenvallinta, ohitukset ja etäisyys toisiin liikkujiin. Operationaalisen tason päätökset ovat ajoneuvon välittömään ohjaamiseen ja hallintalaitteiden käsittelyyn liittyviä. (RIL 2005, s. 387–388.)

Liikennetiedottaminen tietyömaasta tapahtuu joko ennen matkaa tai matkan aikana. Tietyömaista tiedottamisella pyritään saamaan tienkäyttäjät ymmärtämään ja hyväksymään palvelutason huononeminen (Innamaa & Pursula 2002, s. 22). Usein lehdissä tai työmaakohteessa tarjottava tieto tulevasta tietyömaasta ei kuitenkaan tavoita tienkäyttäjää. Tällöin häiriö on tienkäyttäjälle odottamaton ja huonontaa koettua sujuvuutta (Luoma 1998). Tienkäyttäjän tavoittava ennakkotieto reitillä olevasta sujuvuutta alentavasta tietyömaasta voi yksin parantaa sujuvuuskokemusta verrattuna tilanteeseen, jossa tienkäyttäjä ei tiedä edessä olevasta tietyöstä. Näin toteutettava strategisen päätöksenteon tueksi saatava tieto auttaa varautumaan sekä henkisesti että matkaan varattavan ajan osalta, jolloin häiriötä saatetaan pitää hyväksyttävämpänä. Saamalla ennakkotiedon reitillä olevasta tietyöstä tienkäyttäjät voivat huomioida asian matkan suunnittelussa esimerkiksi reitin, matkan ajankohdan ja matkaan varattavan ajan tai kulkutavan osalta. Strategista päätöksentekoa tukeva tiedottaminen sujuvoittaa tietyömaan läpi kulkevaa liikennettä, jos sen avulla onnistutaan vähentämään tai ainakin tasaamaan liikenteen kysyntää tietyömaakohteessa sekä vaikuttamaan tienkäyttäjien suhtautumiseen sujuvuuden väliaikaisesta heikentymisestä.

Tiedotettavia asioita ovat esimerkiksi tehtävät toimenpiteet, tietyömaan aloitus- ja lopetuspäivät, työskentelyajat ja arvio tienkäyttäjälle aiheutuvasta haitasta. Tietyömailla liikenteen sujuvuuden parantamiseen pyritäessä automaattisten liikenteen tiedotusjärjestelmien tietotarpeita ovat tietöiden sijainti, alkamis- ja päättymisajankohta, tiedotus kiertoreiteistä ja liikenteelle aiheutuvien viivytysten keskiarvo (Kulmala & Luoma 2001a, Innamaan & Pursulan 2002, s. 30 mukaan).

Perinteisiä, passiivisen tiedottamisen keinoja tietyömaiden kohdalla ovat kohteeseen pystytettävät painetut tiedotustaulut ja liikennemerkit sekä ennakkoon lehdissä ja ELY-keskuksen internetsivuilla esitettävät kuulutukset (esim. Liikennevirasto 2017b, s. 7). ELY-keskukset hoitavat tietyömaiden ennakkotiedotuksen ja kuulutuksiksi kutsuttavat tiedotteet tulevista töistä ovat kaikkien nähtävillä lehdissä ja ELY-keskuksen nettisivuilla. Lisäksi ELY-keskuksilla on ollut joitakin hankkeita, joissa esimerkiksi Facebookissa joko

ELY-keskuksen tai hankkeelle luotujen sivujen kautta on tarjottu tietoa työmaasta. Tiedotus hankesivujen kautta vaikuttaa kuitenkin olevan melko yleisinformatiivista eikä sen päätarkoitus ole parantaa sujuvuutta.

Aktiivisen liikennetiedottamisen kanavia ovat matkapuhelimet ja navigaattorit, sekä kaupalliset ja valtion toimijoiden internet-sivut kuten TMFG:n Liikennetilanne-palvelu (TMFG 2019), Yle, kaupalliset radiokanavat ja erilaiset rajapintapalvelut (Liikennevirasto 2018b; RIL 2005, luku 8.2). Tien varsilla olevia kiinteitä digitaalisia tiedotustauluja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan. Digitaalisia tiedotus- tai nopeusrajoitusmerkkejä on saatavilla myös siirrettävinä, mutta korkeiden kustannusten vuoksi ne eivät ole toistaiseksi yleistyneet tietyömailla. Monet aktiivisen liikennetiedottamisen tavat perustuvat vahvasti ITS:n hyödyntämiseen. Radion kautta liikennetiedottaminen on joillakin kanavilla runsasta ja auttaa kanavan kuuntelijoita arvioimaan, onko häiriö hyväksyttävä vai pitäisikö etsiä kiertoreitti. Tiedottaminen perustuu tieliikennekeskusten laatimiin liikennetiedotteisiin ja radiokanavan kuuntelijoiden tietoihin. Haastattelujen perusteella sosiaalista mediaa kuten Facebookia ja Twitteriä on jonkin verran hyödynnetty työmaista tiedottamisessa.

Liikennetiedottamiseen on viime vuosina panostettu, mistä esimerkkinä on TMFG:n Liikennetilanne-palvelu (TMFG 2019). Palvelu tarjoaa nähtäville TMFG:n, Väyläviraston ja Traficomin keräämiä tietoja liikenteestä. Tietyömaat ovat yksi palvelussa esitettävistä liikenteen häiriötyypeistä. Tiedot tarjotaan myös avoimeen rajapintaan, jolloin ne ovat kaupallistenkin toimijoiden hyödynnettävissä. Tietyötiedotteilla välitetään tieto liikennettä häiritsevistä tietöistä, niiden kestosta, haitta-asteesta ja mahdollisista erikoisjärjestelyistä kuten käytössä olevasta alennetusta nopeusrajoituksesta. Haitta-asteelle on kolmiporainen luokitus: ei haittaa liikenteelle, haittaa liikenteelle ja merkittävää haittaa liikenteelle. (TMFG 2019.)

Vastuu työmaanaikaisen liikennetiedon tuottamisesta jakaantuu ELY-keskuksen, tieliikennekeskuksen ja työn toteuttajan kesken. Nykytilanteessa vastuu vaikuttaa pääsääntöisesti jakautuvan siten, että ennakkotiedotus tietyömaan toteuttamisesta on ELY-keskuksella, työmaan aiheuttaman haitan ennakkoarviointi urakoitsijalla ja työmaanaikainen tiedottaminen tieliikennekeskuksella. ELY-keskus, tieliikennekeskus ja pääurakoitsija tekevät haastattelujen perusteella yhteistyötä tiedottamisen ja tiedonkulun varmistamiseksi. Tiedottamisen tehostaminen vaatisi todennäköisesti vastuiden selkeyttämistä ja tiiviimpää yhteistyötä. Sujuvuuden parantamista tiedottamisen keinoin käsitellään tarkemmin haastattelujen pohjalta luvussa 4.4.

3.7 Yhteenveto

Suomen maanteiden välityskyky riittää pääasiassa hyvin välittämään niihin kohdistuvan liikenteen kysynnän. Näin ollen tietyöstä aiheutuva tien välityskyvyn aleneminen ei välttämättä tarkoita ruuhkautumista ja ongelmia liikennevirrassa. Kuitenkin tietyömaat aiheuttavat aina sujuvuushaittaa liikenteelle. Liikenteen sujuvuutta käsiteltäessä oleellisia sujuvuuteen liittyviä termejä ovat myös saavutettavuus, toimivuus ja palvelutaso. Käytettävä termistö ja termien määritelmät eivät ole kirjallisuusaineiston perusteella kovin yksiselitteisiä. Liikenteen sujuvuustekijöitä on lukuisia, joista useaan tietyömaa vaikuttaa. Näiden tekijöiden tunnistaminen on tärkeää, jotta tiedetään, millaisin toimenpitein tietyömaan liikenteelle aiheuttamaa sujuvuushaittaa voidaan vähentää. Toimenpiteiden vaikutusten arvioimiseksi liikennettä mallinnetaan ja mitataan.

Päälystysurakoiden parissa työskentelevät haastateltavat ovat tyytyväisiä liikenteen sujuvuuteen päälystystyömaalla. Joitakin ruuhkautumisia on haastateltavien kohteissa tapahtunut vuosittain, mutta niiden ei koeta johtuvan työmaan toteutuksesta vaan alhaisemmalle välityskyvylle liian korkeasta liikenteen kysynnästä. Ruuhkautumisen taustalla voi olla virheellisiä ennakoarvioita, joiden vuoksi tietyötä tehdään väärään vuorokaudenaikaan tai jokin huomioimatta jäänyt, liikennettä lisäävä tapahtuma.

Tiedottamisen merkitys tienkäyttäjien kokemaan sujuvuuteen on suuri. Jos tiedottamisella pystytään tienkäyttäjien tietoisuuden lisäksi vaikuttamaan myös käytökseen, voidaan parantaa myös objektiivista eli mitattavissa olevaa sujuvuutta. Tiedottamisen vaikutuksia ja todellisia hyötyjä on vaikeaa arvioida tarkkaan, koska sitä ei pystytä mittaamaan ja se usein tehostaa muiden toimenpiteiden vaikutuksia. Tietyömaihin ja maanteihin liittyvien toimijoiden välillä tiedottamiseen liittyvät vastuut ovat epäselviä. Jos tiedottamista halutaan tehostaa, tulisi vastuita selkeyttää.

4. TIETYÖMAAN AIHEUTTAMAN SUJUVUUSHAITAN VÄHENTÄMINEN

Maantieliikenteen sujuvuuden nykytilaa ja mahdollisia parantamiskeinoja pyrittiin tässä tutkimuksessa selvittämään haastatteleamalla kahdeksaa maanteiden sillankorjaus- ja päällystysurakoiden parissa työskentelevää henkilöä. Luvussa esitetyt ratkaisut perustuvat haastatteluissa esiin nousseisiin asioihin sekä toimijoiden käytännön kokemuksiin ja asiantuntijuuteen pohjautuviin näkemyksiin. Joihinkin haastateltavien esiin tuomiin asioihin on pyritty löytämään myös kirjallisuuslähteitä ja ne on tuotu tekstissä esiin.

Luvuissa 4.1, 4.2 ja 4.3 esitettyjen ratkaisujen osalta ensimmäisissä tekstikappaleissa kerrotaan haastatteluissa esiin nousseita asioita, joita sitten niitä seuraavassa, viimeisessä ratkaisuun liittyvässä tekstikappaleessa kommentoidaan. Luvussa 4.4 haastattelutulosten kommentti on luvun lopussa.

4.1 Käytössä olevia toimintatapoja

Luvussa käsitellään haastatteluissa esiin tuotuja, hyväksi koettuja ratkaisuja, joihin tien työnteon toteutuksessa kiinnitetään huomiota ja joiden katsotaan vähentävän työmaasta aiheutuva liikenteen sujuvuushaittaa. Ratkaisujen yhteydessä myös analysoidaan lyhyesti haastateltavien näkemyksiä ja pyritään selkeyttämään ratkaisun merkitystä liikenteen sujuvuudelle, jos se ei käy haastatteluaineistosta suoraan ilmi.

Kaksiajorataisten teiden ramppien sulkeminen päällystystyön ajaksi parantaa työturvallisuutta ja helpottaa urakoitsijan työtä muun muassa nopeuttaen työn suorittamista. Tällainen järjestely tulee toteuttaa hiljaisen liikenteen aikaan, eikä etäisyys edelliseen tai seuraavaan ramppiin saisi olla kohtuuttoman pitkä. (Liikennevirasto 2017a, s. 22.) Toimintatapa on ollut käytössä muutaman vuoden. Haastatellut urakoitsijat ovat kokeneet sen hyväksi ja liikenteelle toimintatavasta aiheutuva haitta nähdään kokonaiselinkaareissa hyvin lyhyenä.

Liikenteen sujuvuuden kannalta rampin sulkeminen voi olla tienkäyttäjälle usein yllätys, vaikka siitä tiedotetaan kohteessa ennakoon. Tällöin kiertoreitin käyttämisestä aiheutuva viivytys voi aiheuttaa yksittäiselle tienkäyttäjälle harmia aiheuttaen esimerkiksi myöhästymisen. Kuitenkin matka-aika olisi normaalia pidempi siinäkin tapauksessa, jos

päälystystyömaan läpi ajettaisiin. Kiertotiejärjestelyin vältetään pysäytyksiltä ja alennetuilta nopeuksilta, jolloin tienkäyttäjän kokemus sujuvuudesta voi olla parempi, vaikka viivästys ei olisikaan lyhyempi.

TMA-törmäysvaimentimen käyttöä edellytetään nykyisissä ohjeissa monissa tietöissä. Lyhenne TMA tulee sanoista ”Truck Mounted Attenuator” ja sillä tarkoitetaan ajoneuvoon tai esimerkiksi peräkärryyn kiinnitettävää törmäysvaimenninta (Liikennevirasto 2015b). Kaikki haastatellut toimijat kokivat ratkaisun toimivana helpon liikuteltavuuden ansiosta ja ennen kaikkea turvallisena. TMA-törmäysvaimentimen käyttö nähtiin haastatteluissa niin turvallisena, että lyhytkestoisissa töissä kiinteiden järjestelyjen osittainen korvaaminen TMA:lla ei vaarantaisi turvallisuutta, mutta parantaisi liikenteen sujuvuutta järjestelyjen nopeutuessa.

Harjun et al. (2013) Liikennevirastolle laatiman selvityksen perusteella TMA:n turvallisuushyödyt näkyvät toimijoiden asenteiden lisäksi myös onnettomuustilastoissa. TMA suojaaa työmaahenkilöstöä ja törmäyksen sattuessa laskee henkilövahinkojen vakavuutta pienentäen merkittävästi törmäysvoimia. Ratkaisun liikenteellinen sujuvuushyöty on väliaikaisten liikennejärjestelyjen mahdollisessa vähentymisessä ja sen myötä nopeammassa toteuttamisessa.

Saattoauto on tietyömaakalustoon kuuluva ajoneuvo, jonka avulla on tarkoitus ohjata tienkäyttäjät turvallisesti ja sujuvasti päälystystyömaan ohi. Ajoneuvo kulkee tietyömaan ohjausvälillä eli sillä osuudella, jolla kaistoja on suljettu, edestakaisin keräten liikenteenohjausaidalle kertyneen ajoneuvojonon peräänsä ja johdattaen jonon tietyömaan läpi. Haastateltavat ovat kokeneet saattoauton käyttämisen päälystystöissä todella hyväksi ratkaisuksi ennen kaikkea turvallisuuden kannalta, mutta sillä nähtiin olevan myös sujuvuushyötyjä.

Alemmalla tieverkolla saattoauton ei koettu olevan tarpeellinen, koska sillä ei välttämättä ole saatettavaa. Saattoauton määräämisessä koettiin olevan alueellisia eroja ELY-keskusten välillä. Käytännön yhtenäistämiseksi valtakunnallisesti ehdotettiin liikennemäärärajaksi noin 2500 ajon./vrk, jota suuremmilla liikennemäärillä saattoautoa käytettäisiin. Lisäksi kuumennustöissä saattoauto voisi erään haastateltavan mielestä olla poikkeuksetta käytössä mahdollisen heikon näkyvyyden vuoksi.

Saattoauto ei lyhennä matka-aikaa, joka tietyömaan ohittamiseen kuluu. Näin ollen viivytyksiä mittaamalla sujuvuushyötyä tuskin voidaan perustella. Ratkaisulla saavutettava hyöty riippuu tarkasteltavista asioista. Saattoauton käyttö parantaa liikenteen sujuvuutta

alentaen ja tasaten tienkäyttäjien nopeuksia sekä yksittäisen tienkäyttäjän nopeudenvaihteluja, jolloin liikennevirta tasaantuu. Lisäksi se selkeyttää työmaan läpi ajamista tienkäyttäjälle. Debnath et al. (2016) ovat tehneet tutkimuksessaan samankaltaisia johdopäätöksiä.

Nopeusrajoitusten nostaminen työaikojen ulkopuolella tai vähintään viikonloppuisin on määritetty ohjeessa (Liikennevirasto 2017b) ja haastateltujen urakoitsijoiden mukaan nopeusrajoitusmerkit käännetään näyttämään korkeampaa nopeusrajoitusta sen ollessa mahdollista. Merkkien kääntö tehdään manuaalisesti, mikä sai tilaajan edustajan epäilemään haastattelussa, käännetäänkö merkit oikeasti aina, kun se olisi työvuorojen ulkopuolella mahdollista. Ratkaisuksi merkkien kääntämistyön vähentämiseksi haastatelussa ehdotettiin digitaalisia nopeusrajoitusmerkkejä.

Digitaalisten nopeusrajoitusten käyttöönottoa on käsitelty tarkemmin luvussa 4.2. Käytettäessä perinteisiä nopeusrajoitusmerkkejä ohjeessa esitettyjen vaatimusten toteutuksesta on käytännössä mahdoton seurata, koska tietyöjärjestelyjen valvonta työaikojen ulkopuolella on hyvin satunnaista eikä merkkien kääntötyöstä pidetä kirjaa. Merkkien kääntämisellä on todennäköisesti välittömiä vaikutuksia sujuvuuteen, mutta myös pidemmän aikavälin hyötyjä. Välittömiä vaikutuksia ovat matka-aikojen lyheneminen sekä nopeushajonnan tasaantuminen, kun rajoituksia noudattavien tienkäyttäjien ajonopeudet nousevat ja sitä kautta liikennevirta tasaantuu. Pidemmällä aikavälillä alennettujen nopeusrajoitusten uskottavuus voi parantua niiden ollessa paremmin perusteltuja.

Selkeä visuaalinen ilme on haastateltavien mukaan tavoitteena jokaisella tietyömaalla. Selkeät ajojärjestelyt parantavat liikenteen sujuvuutta tienkäyttäjien ajaessa oikeasta paikasta ja määrättyllä nopeudella. Haastateltavien mukaan selkeyteen pyritään pitämällä merkit suorassa, noudattamalla ohjeiden mukaisia kaistaleveyksiä ja etäisyyksiä esimerkiksi tienvarsimerkkien asettelussa sekä tekemällä siirtymistä selkeitä. Siltatyömailla tärkeitä toimenpiteitä sujuvuuden kannalta ovat lisäksi vanhojen ajoratamerkintöjen poisto ja väliaikaisten merkintöjen tekeminen sekä niiden kunnon seuranta. Selkeyteen voidaan vaikuttaa merkittävästi myös materiaalivalinnoilla, mutta usein kustannustekijät rajoittavat urakoitsijan tekemiä materiaalivalintoja.

Selkeä visuaalinen ilme auttaa tienkäyttäjää ajamaan tarkoituksenmukaisesti ja parantaa ajomukavuutta vähentämällä tienkäyttäjän epävarmuutta oikeasta ajotavasta. Tärkeänä tekijänä selkeyteen pyrittäessä on eri tietyökohteiden ilmeen yhtenäisyys tehtävästä

työstä tai kohteen maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Siihen voidaan vaikuttaa ohjeistuksella sekä oikeanlaisen toteutustavan varmistamisella.

Liikenteenohjaajien perehdyttäminen vaaditaan jokaisella maantietäyömaalla. Työmaakohtaisen perehdyttämisen lisäksi liikenteenohjaajilta vaaditaan voimassa oleva ajokortti sekä Tieturva 1 -pätevyys. (Liikennevirasto 2015b.) Sopimuskäytännöt liikenteenohjauksen osalta ovat haastattelujen perusteella erilaisia: yksi urakoitsija ostaa aliurakointina koko liikennejärjestelyjen suunnittelun ja liikenteenohjauksen siihen erikoistuneelta yritykseltä, kun taas toinen ostaa sen vuokratyönä joko liikennejärjestelyjä tekevältä yritykseltä tai tavallisesta vuokratyöfirmasta. Myös omaa henkilöstöä käytetään. Työntekijöiden pätevyys varmistetaan haastateltavien mukaan kaikissa tapauksissa perehdyttämällä työntekijä työmaalle. Joillekin haastatelluista urakoitsijoista riittää tiettyjen koulutusten varmistaminen työnhakijalta, kun toinen haluaa kouluttaa liikenteenohjaajat itse. Itse koulutettaessa saadaan mahdollisuus arvioida samalla työntekijän soveltuvuus tehtävään. Nykyisin itse liikenteenohjaajansa kouluttavat näkivät Tieturva 1 -koulutuksen siirtymisen Väylävirastolle ja verkkokoulutukseksi isona miinuksena juuri siksi, että työnhakijoiden osaamisesta ja pätevyydestä on vaikea työnantajana varmistua. Vaikka tilaajalla ei ole suoraa yhteyttä liikenteenohjaajiin, se luottaa liikenteenohjaajien pätevyyteen ja urakoitsijan toimintaan myös tässä asiassa. Liikenteenohjaajien koettiin osaavan työtehtävänsä eikä heidän ohjaustehtävässä tekemien henkilökohtaisten arvioiden nähdä olevan merkittävä riskitekijä sujuvuudelle. Tekniikan ja uudenlaisten innovaatioiden hyödyntämistä arvioiden tukena esimerkiksi pysäytysaikojen ja jonopituuksien kohdalla ei nähty haastatteluissa tarpeellisenä.

Vaikka kirjavia sopimuskäytäntöjä ei nähty haastatteluissa liikenteen sujuvuuden tai turvallisuuden kannalta ongelmana, todennäköisesti ne luovat jonkinlaista hajontaa liikenteenohjaajien osaamiseen ja toimintaan. Liikenteenohjaajien toiminnan perustuessa kuitenkin aina jossain määrin henkilökohtaisiin arvioihin, ei toiminnassa tule pyrkiä täysin samanlaisiin tilannekohtaisiin ratkaisuihin. Pääasia on, että liikenteenohjaajilla on riittävä tietämys liikenteen sujuvuudesta ja turvallisuudesta, mikä ohjaa henkilökohtaisten ratkaisujen tekemistä.

4.2 Potentiaalisia ratkaisuja

Luvussa esitellään ja arvioidaan haastatteluissa käsiteltyjä keinoja, jotka haastateltavien näkemyksen mukaan vähentävät tietyön liikenteelle aiheuttamaa sujuvuushaittaa. Käsi-

telttyjä ratkaisuja ovat digitaaliset nopeusrajoitusmerkit, sekuntilaskin, nopeusnäyttötaulu, reittiohjaus, moottoritien ajoradan sulkeminen päällystystyön ajaksi ja siltatyömaiden liikennevalo-ohjauksen optimointi.

Digitaaliset nopeusrajoitusmerkit mahdollistavat nopeusrajoitusten vaihtamisen ilman manuaalista työtä. Tällöin nopeusrajoituksen nostaminen myös lyhyemmäksi ajaksi olisi todennäköisempää. Haastateltavien kohteissa muuttuvia digitaalisia nopeusrajoitusmerkkejä (myös LED-nopeusrajoitusmerkki) ei ole toistaiseksi käytetty, mutta joillakin kiinteillä työmailla on ollut tarkoitus ottaa niitä käyttöön tilaajan aloitteesta. Haastateltavien mukaan kokeilukohteessa on tarkoitus tarkastella digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien vaikutusta ihmisten ajokäyttäytymiseen. Ajatuksena on verrata perinteisten ja digitaalisten merkkien vaikutuksen eroja: kunnioittavatko ihmiset enemmän digitaalisesti osoitettua rajoitusta.

Digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien hyötyä mitattaessa olisi oleellista nähdä niiden hyöty myös laajemmin kuin vertaamalla sen vaikuttavuutta vaneriseen merkkiin. Nykyisin työmaa-alueiden nopeushajonta on suuri ja merkittävä osa tienkäyttäjistä ajaa ylinopeutta. Jos nopeusrajoituksen vaihtaminen olisi helppoa, se myös todennäköisemmin tehtäisiin työpäivän päätteeksi kuin vaneristen merkkien kääntäminen. Yhdistämällä liikennemäärätieto käytettävään nopeusrajoitukseen voitaisiin työmaalla vilkkaimman liikenteen aikana myös laskea nopeusrajoituksia liikennevirran tasaamiseksi (RIL 2005, s. 386). Lisäksi nopeusrajoitusten työmaanaikainen seuranta olisi mahdollista tekniseen järjestelmään tallentuvan lokitiedon kautta. Pidemmällä aikavälillä vain tarvittaessa määrittävät alemmat nopeudet näyttäytyvät myös tienkäyttäjälle perustellumpina, jolloin niitä saatettaisiin noudattaa paremmin. Nopeushajonnan pienentyessä liikennevirta yhtenäistyy ja sujuvuus paranee.

Kansainvälisissä tutkimuksissa digitaalisten, vaihtuvien nopeusrajoitusmerkkien hyödyt näyttävät olevan selkeät. Nopeusrajoituksia noudatetaan paremmin, jolloin nopeudet laskevat ja nopeushajonta pienenee. Tulosten on tulkittu perustuvan muun muassa siihen, että tienkäyttäjä kokee alhaisemman nopeusrajoituksen luotettavampana ja perustellumpina. Tulosten perusteella on siis merkityksellistä, näytetäänkö nopeusrajoitus perinteisellä vai digitaalisella liikennemerkillä. (MDOT & Michigan State University 2003; Riffkin et al. 2008.)

Lyhyen aikavälin tavoitteena voidaan pitää digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien kokeilemistä ja vaikutusten arviointia kiinteillä tietyömailla. Pidemmällä aikavälillä digitaalisia, vaihtuvia nopeusrajoitusmerkkejä ja muita vaihtuvia liikennemerkkejä voitaisiin kokeilla

myös joillakin päällystystyömailla. Digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien käyttö tarjoaisi tilaajalle mahdollisuuden verrata nopeusrajoitusalueita työmaa-alueen sijaintiin ja saataisi vähentää liikenteenjärjestelijän työtä. Digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien käyttö päällystystyömailla edellyttäisi kuitenkin hyvin helposti siirrettävää tekniikkaa, koska kyse on liikkuvasta työmaasta. Digitaaliset nopeusrajoitusmerkit ovat melko kalliita, mikä rajoittaa niiden käyttöönottoa työmailla.

Nopeusnäyttötäulu on haastattelujen perusteella ollut joskus käytössä niin liikkuvilla kuin kiinteillä tietyömailla. Useamman haastateltavan kokemus niiden käytöstä oli, että työmaan läpi ajavan ajoneuvon nopeutta mittaava ja sen nopeuden näyttävä taulu alentaa liikenteen nopeuksia ja parantaa siten ainakin turvallisuutta. Siitä huolimatta nopeusnäyttötäulujen käyttö vaikuttaa tällä hetkellä olevan hyvin vähäistä. Riskinä nopeusnäyttötäulujen käytössä on ainakin päällystystyömaalla, jossa työntekijät ovat kaistalla, että autoilijan huomio keskittyy työntekijän sijaan liikaa nopeusnäyttöön. Suomessa myytäviä nopeusnäyttötäuluja ovat muun muassa kuvassa 12 esitetyt ratkaisut.



Kuva 12. Kaksi esimerkkiä Suomessa käytössä olevista nopeusnäyttötäuluista (Elpac 2019b).

Sujuvuutta nopeusnäyttötäulu voi parantaa välillisesti alentaen nopeuksia ja tasaten siten tienkäyttäjien nopeuksien vaihtelua, jolloin liikennevirta on tasaisempi. Nopeusnäyttötäulun käyttöön liittyy riski suuremmista yksittäisen tienkäyttäjän nopeudenvaihteluista. Useamman sadan metrin tietyömaalla saatetaan hiljentää nopeusnäyttötäulun kohdalla, mutta kiihdyttää ylinopeuteen heti taulun ohittamisen jälkeen, jolloin ratkaisulla ei saavuteta toivottua hyötyä. Kuitenkin esimerkiksi sillankorjaustyömaat ovat yleensä hyvin pistemäisiä, jolloin nopeusnäyttötäulun vaikutusalue on riittävä.

Liikennevalojen yhteyteen asennettavaa **sekuntilaskinta**, joka näyttää jäljellä olevan ajan punaisen valon vaihtumiseen vihreäksi, on kokeiltu joskus kiinteillä tietyömailla. Tilaajan edustajan kokemus ratkaisusta oli positiivinen ja keinon oli koettu vähentäneen

punaisia päin ajamista. Ratkaisulla saavutettava hyöty on haastateltavan mukaan tienkäyttäjien turhautumisen ja siitä johtuvien intuitiivisten riskiratkaisujen väheneminen, kun odotusajan pituus tiedetään. Liikenteenohjauksen noudattaminen taas on sujuvuuden edellytys. Odotusajan näyttävä taulu sisältää riskin vaaralliseen ajokäyttäytymiseen, jos odotusaika on tienkäyttäjän mielestä kohtuuttoman pitkä. Siltatyömaat ovat lyhyitä, jolloin odotusaikakin on kohtuullinen ja ratkaisu sopii niille hyvin. Kuvassa 13 on esimerkki Suomessa myytävästä liikennevalojen yhteyteen asennettavasta sekuntilaskimesta.



Kuva 13. Esimerkki työmailla käytettävästä siirrettäviin liikennevaloihin asennettavasta sekuntilaskimesta (Trafino 2019).

Sekuntilaskin soveltuu pääasiassa kiinteän (aikaohjatun) valo-ohjauksen yhteyteen, jossa valojen palamisajat ovat vakioita ja siten punaisen valon aika tiedetään jo valon vaihtuessa vihreältä punaiselle. Jos liikennevalojen palamisajoissa on käytössä liikenteen tunnistin kuten tutka, voidaan havaintojen perusteella muuttaa valojen palamisajoja. Tällöin sekuntilaskin soveltuu vain joidenkin edistyneimpien väliaikaisten liikennevalojen yhteyteen (Bergholm 2019). Valtaosa liikennevaloista ei pysty muuntamaan odotusaikoja tutkan havaintoihin pohjautuvien pidennysten ja lyhennysten mukaan. Liikennevalojen optimointia käsitellään luvun lopussa.

Reittiohjausta on käytetty joissakin haastateltavien kohteissa tietyömaan läpi kulkevan liikenteen vähentämiseksi. Liikenteen ohjautuessa osoitetulle kiertoreitille työmaan aiheuttamaa haittaa ei kohdata. Päälystystyömailla reittiohjauksen käyttäminen on haastateltavien kohteissa lähtenyt urakoitsijan aloitteesta ja ratkaisu on koettu toimivaksi ja työtä helpottavaksi ratkaisuksi. Kiertotiejärjestelyn toteuttaminen on kuitenkin usein haastavaa, koska katuverkolle ja yksityisteille ei saisi maantiellä tehtävän tietyön tapauksessa ohjata. Urakoitsijat ovat siitä huolimatta vahvasti sitä mieltä, että kiertoteitä tulisi harkita useammin ja miettiä työn toteutusta tarkemmin siltä kannalta, kuinka päälystystyö kannattaa rytmittää, jotta kiertotiemahdollisuudet voitaisiin hyödyntää parhaiten.

Vaikka kiertoreitti voitaisiin määritellä, läpiajon tulee tässäkin tapauksessa olla kummas-takin suunnasta mahdollista liittyä ja kiinteistöille. Kiertotiejärjestelyt eivät siis vä-hennä urakoitsijan työmäärää liikenteenohjauksen suhteen, mutta liikennemäärän vä-hentymisen kautta saavutettava tietyömaahenkilöstön ja tienkäyttäjien turvallisuuden pa-rantuminen on suurin intressi. Myös positiivisen kuvan antaminen tienkäyttäjille oman yrityksen työmaan toteutuksesta ja sujuvuudesta on haastattelujen perusteella urakoit-sijalle tärkeää ja mahdollisesti vähäisempi palaute hyödyttäisi myös tilaajaa. Toisen suunnan ohjaaminen kiertoreitille käytännössä puolittaa työmaan ohittavan liikenteen eikä liikennettä tarvitse pysäyttää. Tällöin sujuvuus paranisi selvästi ainakin näennäisesti välttyäessä pysäytyksiltä. Kiertoreitin tulisi järjestyä vain pienellä matkan pituuden kas-vulla, jotta haitta sitä käyttävälle liikenteelle ei kasva suuremmaksi kuin liikenteen py-säyttämisestä aiheutuva haitta.

Moottoritien ajoradan sulkeminen päälylystystyön ajaksi ja kahdella kaistalla työsken-tely samanaikaisesti nousi urakoitsijan ideana haastatteluissa. Joillain alueilla urakoitsija on ehdottanut saman ajosuunnan kummankin kaistan sulkemista yhtä aikaa ja liikenteen ohjaamista toisen suunnan ajoradalle. Kumpaankin suuntaan jäisi tällöin yksi kaista käyt-töön. Urakoitsijan mukaan työtehoa saataisiin nostettua 30 %, jolloin työn kokonaiskesto ja siten liikenteellinen haitta olisi merkittävästi pienempi. Toinen vaihtoehto olisi ohjata toisen suunnan liikenne rinnakkaistielle. Syyksi siihen, ettei ehdotusta ole lähdetty to-teuttamaan, arveltiin tietyömaista aiheutuvien haittojen olevan Suomessa vielä niin pie-niä, että tällaiselle järjestelylle ei toistaiseksi ole riittävää tarvetta. Järjestely vaikuttaisi myös suoraan kaupallisen palveluntarjoajan asiakasmääriin, jos työskennellään esimer-kiksi huoltoaseman läheisyydessä.

Koko ajoradan sulkeminen päälylystystyön vuoksi ei nykyisellään ole kovin ajankohtainen myöskään siitä syystä, että hyvin harvoin ajoradan kumpaakin kaistaa päälylystetään yhtä aikaa tai samana vuonna. Tilaajan edustajan mukaan kuitenkin sellaisissa poikkeusta-pauksissa, joissa päälylystystarve koskee samanaikaisesti koko ajorataa, on työtehon kasvu ja siten työn kokonaiskeston lyheneminen sen verran merkittävä, että käytäntöä kannattaa harkita. Päälylystystöiden liikkuvan luonteen vuoksi ei kuitenkaan ole taloudel-lisesti järkevää rakentaa kulkua keskikaistan yli vaan viereiselle ajoradalle ohjaamisen sijaan realistisempaa on käyttää rinnakkaistietä työn alla olevan ajoradan suunnassa. Kohteen työaikaisten liikennemäärien on oltava kohtuulliset, jotta rinnakkaistien välityskyky ei ylitä. Siksi ratkaisua ei ole sujuvuuden puitteissa mahdollista toteuttaa vilkkaim-milla moottoritieosuuksilla. Järjestelyä, jossa moottoritien ajorata suljetaan ja liikenne oh-jataan rinnakkaistien kautta, käytettiin tilaajan tietojen mukaan vuonna 2016 valtatie 7

parantamishankkeen päällystystyössä, jossa koko ajorata piti uudelleenpäällystää. Työtehon kasvun lisäksi tärkeänä perusteena oli työalueen rauhoittaminen liikenteeltä. Ajo-suunnan liikenne ohjattiin rinnakkaistielle ja tilaajan näkemyksen mukaan järjestely oli toimiva.

Siltatyömaiden liikennevalo-ohjauksen optimointi ei noussut selkeänä kehitystarpeena haastateltavien näkemyksissä, mutta on haastattelujen perusteella ratkaisu, jota ehdottomasti kannattaisi ottaa laajemmin käyttöön. Liikennevalo-ohjaus sillankorjaustyömailla toteutetaan haastateltavien mukaan tavallisesti kiinteällä aikaohjauksella. Liikennevaloihin on siis määritelty yksi ohjelma, joka määrää vihreän ja punaisen valon palamisajat. Haastattelujen perusteella liikennevalojen kiertoaikaa säädetään vain erityisen vilkkaina päivinä kuten juhannusaattona. Tavallisesti liikennevalojen kiertoaika on tien liikennemäärät huomioiden mahdollisimman pitkä, jolloin pidempikin jono ehtii purkaantua vihreän palaessa. Tällä tavoin vältetään ruuhkautuminen, mutta hiljaisempina vuorokaudenaikoina yksittäisen tienkäyttäjän näkökulmasta turha odottelu heikentää sujuvuutta oleellisesti. Kiinteä aikaohjaus ei huomioi liikennemäärien päivä- ja tuntitason vaihtelua. Liikenteen perusteella vaihtuvia tunnistinvaloja on joissakin haastateltavien kohteissa kokeiltu vuosia sitten, mutta niiden toiminta oli koettu epävarmaksi. Kiinteästi aikaohjattujen valojen toimivuus on haastateltujen mielestä riittävä.

Vaikka toimijat tuntuvatkin olevan tyytyväisiä siltatyömailla käytettävään liikennevalo-ohjaukseen, on valo-ohjauksen optimointi selkeä kehityskohde liikenteen sujuvuuden parantamiseksi sillankorjaustyömailla ja muissa kiinteissä tietyömaakohteissa, joissa käytetään liikennevaloja. Väliaikaisten liikennevalojen toiminnan ymmärtämiseksi haastateltiin Berg & Sauso Oy:n teknistä päällikköä Joonas Muttilaista. Haastattelussa käytetty kysymysrunko on esitetty liitteessä A. Muttilaisen mukaan työmailla on käytössä tunnistimella (mikroaaltotutka) varustettuja liikennevaloja, joiden ohjelmointi tapahtuu liikennevalossa olevan ohjauskeskuksen kautta. Valoihin pystytään säätämään haluttu taustaohjelma eli punaisen ja vihreän ajat ja kuinka valot palavat, kun tutka ei tunnista ajoneuvoja: palaako jompaankumpaan suuntaan vihreä valo vai onko kumpikin suunta punaisella. Ohjelmointimahdollisuudet selviävät myös valmistajien tuote-esitteistä ja käyttöoppaista (esim. Fabema 2019; Ramudden 2019).

Valojen optimointi voisi yksinkertaisimmillaan tarkoittaa kahta tai kolmea erilaisiin kiertojain säädettyä ohjelmaa, jotka vaihtuisivat vuorokaudenajan mukaan. Kiertoaajat olisi muodostettu saatavilla olevien liikennemäärätietojen (joko LAM tai yleinen liikenteenlaskenta) pohjalta, joiden tarkkuus ja luotettavuus ovat riittävät tällaiseen liikennevalojen

ohjelmointiin. Jos kiertoajoissa huomataan olevan parantamisen varaa, voidaan ohjelmia muuttaa myös työmaan ollessa jo käynnissä. Kellonaikojen mukaan vaihtuva ohjelma voidaan asettaa ennakkoon, jolloin tarvetta manuaaliseen valokierron muuttamiseen työmaalla ei ole. Jos ohjelmaa ei ole asetettu vaihtuvaksi kellonaikojen mukaan, muutokset pitää tehdä kytkemällä tietokone liikennevalojen yhteydessä olevaan ohjauskeskukseen. Työmäärä ei ole suuri, mutta lisää kuitenkin työmaahenkilöstön tehtävien määrää. Kuvassa 14 on esimerkki siirrettävän liikennevalon yhteyteen asennettavasta tutkayksiköstä.



Kuva 14. Esimerkki Suomessa myytävistä siirrettävistä tutkalla varustetuista liikennevaloista (Trafino 2019).

Kellonaikojen mukaan vaihtuville ohjelmille ei Muttilaisen arvioiden mukaan ole tarvetta, jos käytössä on tutka ja tutkan havaintoihin pohjautuvat valojen pidennykset ja lyhennykset on säädetty hyvin. Silloin valokierto mukautuu automaattisesti vuorokaudenajan ja viikonpäivän mukaan muuttuviin liikennemääriin. Tutkaohjatun valon käyttäminen kohdekohtaisiin liikennemääriin perustuvien pidennyksien ja lyhennyksien on käytäntö, jota kannattaisi kokeilla ja tutkia sen hyötyjä tarkemmin. Nykyiset liikennemäärätiedot, jotka kohteesta riippuen perustuvat LAM-pisteen tietoihin tai yleisen liikennelaskennan tuloksiin, ovat tutkaohjatun valon osalta riittävän tarkkoja. Kovin tarkalle ohjelmoinnin tasolle ei ole järkevää kustannustehokkuuden ja lähtötietojen epävarmuustekijöiden vuoksi mennä.

Nykyisin myytävissä väliaikaisissa liikennevaloissa on Muttilaisen mukaan erittäin hyvät ohjelmointimahdollisuudet, mutta erilaisten ohjelmien tekeminen ei manuaalisesti ole kovin helppoa. Toimivan ohjelman toteuttamiseksi tarvitaan teknisen tietämyksen lisäksi teoreettista tietoa liikennevirrasta ja käytännön tietoa kohteen liikenteestä eri ajankohdina. Liikennevaloihin määritettävät tutkan havaintoihin perustuvat punaisen ja vihreän valon pidennykset ja lyhennykset pystytään tekemään helposti. Muttilainen muistuttaa, että pelkästään tutkan käyttäminen ei hyödytä, vaan ohjauksen tehokkuuden ja toimivuuden määrää tutkan havaintoihin pohjautuva ohjelma.

Muttilaisen mukaan nykyiset väliaikaisten liikennevalojen tutkat ovat tarkkoja ja tunnistavat hitaankin liikkeen, joten auton hiljainen nopeus valoihin tullessa ei pitäisi olla ongelma. Valojen toimintavarmuuden kannalta on tärkeää, että tutka on riittävän korkealla ja se on suunnattu oikein. Tutkalle on hyvä asettaa jokin taustaohjelma, jotta valojen vaihtuminen voidaan taata myös seisovassa tilanteessa.

Vähäisten haastattelujen perusteella on vaikeaa arvioida, missä määrin urakoitsijat valtakunnallisesti käyttävät työmailla useamman ohjelman mahdollistavia tai tutkalla varustettuja liikennevaloja. Trafion mukaan tutkalla varustettuja liikennevalopareja myydään suunnilleen yksi kymmentä aikaohjattua liikennevaloparia kohti (Bergholm 2019). Kehittyneellä tekniikalla varustetun liikennevalon käyttäminenkin ei vielä tarkoita sitä, että liikennevalo olisi ohjelmoitu parhaiten liikenteen tarpeisiin soveltuvaksi. Muttilaisen mukaan monella tietyömaalla käytetään valo-ohjauksessa kiinteää ohjelmaa eikä tutkaa hyödynnetä, vaikka se olisi valossa olemassa. Syynä tähän Muttilainen arvioi olevan kokonaisymmärryksen puuttuminen sekä työmaa- että jälleenmyyjä- ja laitetoimittajatasolla. Käytön vähyyden taustalla voi lisäksi olla viitseliäisyyden puuttuminen ("tärkeämmät asiat" työmaalla, kiire) ja ehkä myös toimintavarmuuden kyseenalaistaminen aiempien kokemusten pohjalta. Lisäksi valokierron kehittämistä hidastavat joillakin työmailla edelleen käytössä olevat tekniikaltaan vanhat kvartsivalot, joihin useampia ohjelmia ei ole mahdollista toteuttaa. Suomen markkinoilla on sekä kvartsivaloja että monipuolisemmin ohjelmoitavissa olevia valoja, joihin voidaan asentaa myös ajoneuvotunnistin (esim. Elpac 2019a; Trafino 2019).

Trafion edustajan mukaan Trafion myymien ohjelmoitavien liikennevalojen hinta vaihtelee ominaisuuksista riippuen välillä 2 500–8 000 € / pari (alv 0 %). Halvimmassa mallissa ei ole mahdollisuutta liikenteentunnistimelle kuten tutkalle. Tunnistimella varustettujen väliaikaisten liikennevalojen hinta on noin 7 000–8 000 euroa. (Bergholm 2019.) Vaikka tunnistimella varustetun liikennevalon hinta on suunnilleen kolminkertainen verrattuna ohjelmoitavaan liikennevaloon ilman tunnistinta, investointikustannus on esimerkiksi sillankorjaustyömaan kokonaiskustannuksissa merkitykseltömän pieni.

Liikennevalojen ohjelmointia ei voi edellyttää työmaahenkilöstöltä, vaan urakoitsijan tai tilaajan olisi todennäköisesti käytettävä konsulttia. Jos ohjelmoinnin tilaaminen olisi urakoitsijan vastuulla, pitäisi tilaajan pystyä edellyttämään riittävää ohjelmoinnin tarkkuutta ja toimivuutta urakkapapereissa tai ohjeistuksessa. Vaatimusten asettaminen on luultavasti melko vaikeaa erityisesti laadullisten sujuvuustavoitteiden ja -vaatimusten puuttuessa. Yksinkertaisinta olisi, että tilaaja teettäisi kohdekohtaisiin liikennetietoihin perustuen ohjelmoinnin taholla, joka sen osaa tehdä.

Valojen optimoinnin helpottamiseksi tulevaisuudessa voisi olla mahdollista muuttaa työmaanaikaisten liikennevalojen ohjelmaa myös etänä. Etäyhteys valoihin vaatisi tietoliikenneyhteyden. Yhteyden tulisi olla langaton, koska työmaan väliaikaisuuden vuoksi liikennevaloja ei ole kytketty kaapeleilla tietoliikenneverkkoon kiinteiden liikennevalojen tapaan. Tekniikka verkkoyhteyden rakentamiseen on jo olemassa ja esimerkiksi joidenkin valmistajien digitaalisia nopeusrajoitusmerkkejä voidaan ohjata etänä vaikkapa kännykällä. Muttalaisen tietojen mukaan väliaikaisten liikennevalojen valmistajat eivät kuitenkaan ole toistaiseksi kehittäneet valoja siihen suuntaan. Etäyhteyden hyötyinä voidaan nähdä ohjelmoinnin tai vähintään ohjelman vaihtamisen helppous, kun työtä ei tarvitsi tehdä liikennevaloon yhdistetyllä tietokoneella tai edes tietyömaalla. Lisäksi tehtyjen muutosten tallentaminen olisi helppoa, mikä mahdollistaa laaduntarkkailun ja voisi hyödyttää tulevissa töissä.

4.3 Tilaajan toiminnan ja sopimuskäytäntöjen kehittäminen

Mahdollisten sujuvuutta parantavien käytännön ratkaisujen lisäksi haastatteluilla pyrittiin selvittämään urakoitsijoiden näkemyksiä ja toiveita tilaajan ohjeistuksiin ja vaatimuksiin, toimintatapoihin ja yhteistyöhön. Ehdotetuilla keinoilla ei ole suoria vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen tietyömaalla, mutta välillisesti ne voivat vaikuttaa merkittävästikin.

Haastatellut toimijat ovat havainneet viime vuosina positiivista kehitystä työmaiden toteuttamisessa. Tietyömaiden toteutuksen koetaan viime vuosina yhdenmukaistuneen niin materiaalien kuin käytäntöjen osalta ja järjestelyjen toteutustavat eivät eroa selkeästi eri urakoitsijoilla. Myös työmaakohteen läpi kulkevan liikenteen (esim. KVL, liikenteen vaihtelu) huomioiminen ennakosuunnittelussa on haastateltavien mielestä korostunut merkittävästi. Kehityksen nähdään olevan tarkentuneiden ohjeiden ja vaatimusten tulosta. Tietyömaan valvonnan koetaan lisääntyneen, mutta sen lisäämiselle nähdään edelleen tarvetta. Vaikka valvontaan ollaan haastattelujen perusteella tyytyväisiä, nähdään siinä myös parantamisen varaa alueittaisten ja valvojakohtaisten erojen vähentämiseksi sekä valvojien tietämyksessä siitä, mitä ohjeissa vaaditaan. Yhdenmukaisempi ilme työmailla parantaa sujuvuutta, koska tienkäyttäjille järjestelyt ovat selkeämmät.

Erään haastatellun urakoitsijan mukaan ELY-keskuksen pyrkimys tienpitoviranomaisena tienkäyttäjien tyytyväisyyteen näyttäytyy tietöiden anteeksipyytelynä, mikä haastatellun mielestä on vääränlainen lähestymistapa. Urakoitsija huomauttaa, että tietyön haittavaikutuksen taustalla on tarkoitus parantaa kohteen liikenneolosuhteita, jolloin väliaikaisen häiriön negatiivinen vaikutus tulisi hyväksyä. Tienkäyttäjien liiallinen ”kumartaminen” näkyy haastatellun mukaan töiden anteeksipyytelyn lisäksi siten, että urakoitsijan turhaksi kokemalle palautteelle annetaan liian suuri painoarvo.

Ohjejulkaisut

Haastateltujen toimijoiden mielestä Väyläviraston tietyömaihin liittyvät julkaisut ja ohjeet ovat selkeitä ja kattavia. Ohjekuvien koetaan olevan hyvin hyödynnettävissä suoraan liikenteenohjaussuunnitelmina, ja tarvittaessa sovelletaan valmiita kuvia kohteeseen sopivaksi. Ohjekuvien hyvä hyödynnettävyys helpottaa urakoitsijan työtä ja yhtenäistää toteutuskäytäntöjä. Yhtenäistyminen voi parantaa tienkäyttäjän kokemaa sujuvuutta.

Haastateltavat nostivat esiin joitakin ohjeissa esiintyviä tulkinnanvaraisuuksia, jotka aiheuttavat eroja työmaiden liikennejärjestelyjen toteutukseen. Tällöin työmaat saattavat näyttäytyä tienkäyttäjille eri tavoin ja tienkäyttäjien mahdollinen epätietoisuus ajojärjestelyistä voi heijastua sujuvuuteen. Suuremmat vaikutukset tulkinnanvaraisuudella on kuitenkin turvallisuuteen. ELY-keskusten vaatimukset nähtiin yksimielisesti paljon tiukempina kuntapuoleen verrattuna. Tiukkuus nähtiin hyvänä ja perusteltuna, koska maantieympäristö sisältää riskejä erityisesti korkeiden nopeuksien vuoksi. Nykyisten ohjeiden mukaan toimimisen koettiin joistakin tulkinnanvaraisuuksista huolimatta johtavan hyvään lopputulokseen, eikä suurille muutoksille toimintatavoissa nähdä tarvetta.

ELY-keskuksen tarjoamat ennakkotiedot

ELY-keskukselta saatavien tietojen koettiin pääosin olevan riittävät työn laadukkaaseen toteutukseen. Haastatellut urakoitsijat kokivat, että tieto tapahtumista ja muista poikkeustapauksista tavoittaa heidät. Haastattelujen perusteella yhteistyö erityistapausten huomioinnissa aikataulu- ja työnsuunnitteluun on hyvällä tasolla, ja urakoitsijoiden mielestä tilaajat tuntevat vastuualueensa tiet hyvin ja ovat perillä alueensa tapahtumista. Päälystysurakoitsijat tunnistivat joitakin tietojen tarkentamistarpeita, ja näitä käsitellään seuraavissa tekstikappaleissa. Vaikka joitakin toiveita tarkemmille tiedoille esitettiin, pidettiin haastatteluissa tärkeänä, että tekemistä ei rajoiteta liikaa.

Urakoitsijan mielestä tilaaja voisi määrätä päälystettävällä tieosuudella oleviin liittymiin tarvittavan liikenteenohjaajien määrän, jolloin säästöpainetta ja hajontaa ei asian suhteen olisi. Tällä hetkellä liikenteenohjaajien lukumäärän päättää urakoitsija, jolloin kyse on sujuvuuden ja turvallisuuden lisäksi myös kuluerästä ja yleensä ohjaajia on haastateltavien mukaan mahdollisimman vähän. Liian vähäinen ohjaajien määrä vaikuttaa turvallisuuden lisäksi sujuvuuteen, kun risteyksiä ”jää auki” eli tietyömaa-alueella on ohjauksettomia risteyksiä. Näistä risteyksistä tulevat yksittäiset autot saattavat ajaa yksikaistaisella osuudella muuta liikennettä vastaan. Haastattelujen perusteella urakoitsijat katsovat kartasta tai kohteessa liittymien määrää ja arvioivat sen perusteella, kuinka

monta ohjaajaa minäkin päivänä tarvitaan. Toisaalta liikenteenohjaajien lukumäärän määrittämisen siirtämisen tilaajalle katsotaan yhtenäistävän, mutta vastuun siirtyminen vaatisi tilaajalta enemmän perehtymistä ja resursseja. Lisäksi tilaajan määrittelemänä ohjaajien määrä saattaisi varmuuden vuoksi tulla helposti ylimitoitettua. Haastatteluissa noussut idea käytännön selkeyttämisestä ottamalla asia yhdeksi kohdekatselmuksen aiheeksi sai kannatusta sekä tilaajalta että urakoitsijalta. Tällöin voitaisiin yhteisesti päättää ohjaajien lukumäärästä, ja kirjata asia kohdekatselmusmuistioon. Käytäntö olisi nykyistä läpinäkyvämpi ja perustellumpi, mutta alueittain liikenteenohjaajien määräämisen periaatteet tuskin yhtenäistyisivät.

Toinen haastateltujen päällystysurakoitsijoiden mielestä heitä hyödyttävä asia olisi tiettyökohteen tuntiliikennemäärien saaminen nykyistä useammin ja tarkemmin. Näistä huipputunnin liikennemäärä ja osuus vuorokauden kokonaisliikennemäärästä (KVL) on erityisen oleellinen. Niiden avulla työskentelyn sallivan aikaikkunan kohdekohtainen miettiminen ja sen mahdollinen laajentaminen olisi helpompaa. Haastateltavien urakoitsijoiden toiveissa nousi vahvasti työlle asetettujen aikarajoitusten väljentäminen. Haastateltavien mukaan joidenkin ELY-keskusten alueilla on käytetty tapaa, että joillekin tieosille luvataan työskentely yö- tai päivätyönä tiettyyn suuntaan tai tietyllä aikavälillä. Käytännön laajentaminen olisi tarkkojen liikennemäärätietojen myötä mahdollista. Nykyisellään reaaliaikainen liikennemäärä ei ole saatavilla kuin LAM-pisteistä, jotka eivät kerro koko tieosuuden liikenteestä. Lisäksi kohdekohtainen lyhytaikainen liikennemäärien mittaaminen ennakoon ei varsinkaan kesällä välttämättä kerro työmaanaikaisesta liikennetilanteesta. Ennakkosuunnitteluvaiheessa saatavilla oleva liikennemäärätieto helpottaisi työn toteutusajankohdan ja sille asetettavien aikarajojen suunnittelua. Jos työlle asetettua aikaikkunaa saadaan laajemmaksi, työn kokonaiskesto lyhenee. Haastatellut urakoitsijat toivovat väljempiä aikarajoja, mutta vaikuttavat kuitenkin odottavan tilaajan panostusta liikennemäärien mittaamiseen. Yksi haastateltava on tuottanut itse tilaajalle liikennemäärätietoa manuaalisella laskennalla kohteesta, mutta toinen näki mittauksen suorittamisen kasvavina kustannuksina ja henkilöresurssien tarpeena ja odottaa tilaajan rahoittavan mittaukset.

Siltatyömaiden liikennejärjestelyjen tarve ja toimivuus arvioidaan haastateltavien mukaan pitkälti henkilökohtaisten kokemusten kautta. Joskus haastavimmissa kohteissa on teetetty myös simulointeja. Liikennemäärätieto saadaan Väyläviraston lähimmästä LAM-pisteestä, jota sitten sovelletaan kohteeseen. Liikennemäärätiedon tarkkuuden katsotaan olevan sillankorjaustyömaille riittävä: siitä saadaan suuruusluokka eikä tarkemmalla tiedolla katsota olevan arvoa järjestelyjen suunnittelun kannalta.

Jos ELY-keskus tietyön tilaajana toimittaisi tarkempia ennakkotietoja, voisi se johtaa samalla ehtojen tiukentumiseen. Esimerkiksi muutokset ja kohdekohtaisuuden lisääminen työlle asetettuihin aikarajoihin voi joissakin kohteissa lyhentää vuorokausikohtaisesti työtunteja, kun taas toisissa kohteissa tarkempien tietojen pohjalta määriteltävä työlle asetettu aikaikkuna on aiempaa laajempi. Jos työaika-rajituksen muutoksille on perusteet ja ne osoittautuvat toimiviksi, eri osapuoletkin hyväksyvät ne. Aikarajojen väljentäminen hyödyttää toki myös tilaajaa työmaan kokonaiskeston lyhentyessä, mutta suurimman hyödyn saavuttaisi urakoitsija työtehon kasvaessa. Näin ollen urakoitsijoilta voisi mahdollisesti odottaa osallistumista ennakkotiedon hankkimiseen. Nykyisin työmaalle toteutettavat liikennejärjestelyt perustuvat tarkentuneista ohjeista huolimatta haastateltavien mukaan myös henkilökohtaisiin arvioihin. Haastateltavien mukaan henkilökohtaisten arvioiden tekeminen johtaa hyvään lopputulokseen, kun arvioita tekevillä on riittävä osaaminen. Alan käytäntönä asian ei pitäisi kuitenkaan olla näin, koska tietotaidon siirtyminen seuraaville suunnittelijoille ja vastuuhenkilöille on läpinäkyvyyden puuttuessa vaikeaa varmistaa.

Yhteistyö ja tilaajan vaatimukset

Haastatellut pääurakoitsijat ovat kokeneet tiedonkulun tilaajan ja valvojien kanssa hyvänä ja selkeänä. Tiedonkulussa aliurakoitsijalle on kuitenkin haastattelujen perusteella parantamisen varaa. Tarvittavan tiedon saaminen vaatii aliurakoitsijan mukaan oma-aloitteisuutta ja urakka-asiakirjoihin kirjatut erityisehdot esimerkiksi noudatettavasta ohjeesta eivät välttämättä kulkeudu liikennejärjestelyjen suunnitteluun asti ainakaan päällystysurakoinnissa, jossa kohteet selviävät myöhään ja ajankohdat ja toteutus riippuvat useista muuttujista.

Yhteistyön tilaajan kanssa koetaan toimivan ja molempien osapuolten, sekä urakoitsijan että tilaajan, asiantuntijuutta hyödynnetään haastateltavien mielestä. Kokonaisuutta mietittäessä tilaaja ei ole ollut esteenä ja työn suorittamista edesautetaan. Kuitenkin haastatellut urakoitsijat toivoivat tilaajaosapuolilta avoimempaa suhtautumista urakoitsijoilta tuleviin toimintatapaehdotuksiin kuten edellisissä luvuissa käsitelty moottoritien ajoradan sulkeminen päällystystyön ajaksi sekä kiertotiejärjestelyt, joissa urakoitsijan intresseissä on ennen kaikkea parempi tuottavuus, mutta myös pienempi tietyömaan aiheuttama sujuvuushaitta liikenteelle. Haastateltavien mukaan tilaajan edustajat tyytyvät helposti nykyisiin käytäntöihin.

Tilaajan edustajien toimintaerot eri alueilla nousivat haastatteluissa esiin. Joillakin alueilla tilaajan kanssa on hyvä neuvotteluyhteys ja urakkapapereissa sovittua voidaan yhdessä sopimalla perusteluja vastaan tarkentaa, kun taas joidenkin kanssa mennään täysin urakkasopimuksen mukaan. Lisäksi vaatimukset saattoauton käyttämisestä tai työn teettämisestä yötyönä vaihtelevat haastateltavien mukaan selvästi alueittain. Osa tilaajan päällystysurakoiden vastuuhenkilöistä pystyy ottamaan tienkäyttäjiltä tulevan palautteen vastaan ja teettää urakan päivätyönä ajatellen, että tienkäyttäjien negatiivista palautetta ei voi välttää. Osa taas saattaa määrätä selkeät päiväkohteetkin yötyöksi. Haastateltujen urakoitsijoiden mielestä tilaajan tulisi erityisesti minimoida alueelliset erot yötyön ja saattoauton määräämisessä sekä kohdekohtaisten aikarajojen sopimisessa. Alueellisten erojen vähentäminen ilman tarkempia valtakunnallisia linjauksia on vaikeaa. Linjauksien tekemisessä olisi todennäköisesti tarpeen asettaa liikennemääriin perustuvia rajoja, jolloin niiden vaatimustenmukaisesta toiminnasta varmistumiseksi tarvitaan tarkempaa tietoa tietyömaan läpi kulkevasta liikenteestä.

Haastatteluissa nousi selkeästi esiin, että urakoitsijat toivovat mahdollisimman vähän rajoituksia toimintaansa erityisesti työaikarajojen osalta. Urakoitsijan intressien ollessa kuitenkin ennen kaikkea tuotannolliset, tarvitaan vapauden ja väljempien työaikojen mahdollistamiseksi myös liikennedatata, jotta voidaan tällöinkin varmistua sujuvuudesta. Toisaalta haastatellut urakoitsijat haluaisivat mahdollisimman väljät ehdot tarjouspyyntöihin, mutta kuitenkin kohdekohtaisesti asetetut työaikarajoitukset. Jos tarkemmat ehdot määritellään vasta kilpailutuksen jälkeen, urakoitsijan pitäisi pystyä arvaamaan mahdollisimman tarkkaan, mitkä aikarajoitukset tilaaja tulee juuri tälle kohteelle asettamaan. Tällainen vaikeuttaa tarjouslaskentaa. Sopimuskäytännöissä ja neuvottelumahdollisuuksissa rajoittaa laki julkisista hankinnoista (1397/2016). Esimerkiksi lain pykälässä 3 linjataan: ”Hankintayksikön on kohdeltava hankintamenettelyn osallistujia ja muita toimittajia tasapuolisesti ja syrjimättömästi sekä toimittava avoimesti ja suhteellisuuden vaatimukset huomioon ottaen.” Jotta toiminta on lain mukaista, sopimusta ei voida muuttaa eikä soveltaa sääntöjä niin, että urakan voittanut hyötyisi muihin tarjoajiin nähden tilanteesta. Siksi tarjouspyynnössä olisi vähintään ilmaistava mahdollisuus työaikarajoista sopimiseen jälkeinpäin, jolloin toimintatapa ja neuvottelumahdollisuus olisi kaikilla tarjoajilla tiedossa. Tavoitekäytäntö olisi kuitenkin tilaajan perehtyminen kohteeseen ennen tarjousvaihetta siinä määrin, ettei aikarajoja ole tarpeen enää kilpailutuksen jälkeen muuttaa. Tällöin toiminta olisi mahdollisimman läpinäkyvää ja tasapuolista.

Kustannukset

Liikenteenohjauksen ja liikennejärjestelyjen sisällyttäminen urakkahintaan luo haastattelujen perusteella merkittäviä säästöpaineita niiden toteutukseen, koska niihin kuluva raha on pois itse työn tekemisestä ja nähdään helposti ”ylimääräisenä kuluna”. Liikennejärjestelyt on helppo riskinotto- ja säästökohde tarjoustasi laskiessa erityisesti kiinteiden tietyömaiden kohdalla, kun tilaajalta ei tule valmiita suunnitelmia, joiden pohjalta resursit, kuten tilapäisten liikennemerkkien määrät tai kaidepituus eli kuinka paljon työmaan suojaamiseen käytettävää suojakaidetta tarvitaan, olisi helppo laskea. Tämä tuo hajontaa toteutuksen laatuun. Haastattelun liikennejärjestelyjen toteuttajan ehdotus ratkaisuksi oli liikenteenohjauksen ja rakentamisen eriyttäminen. Tilaajan mielestä idea on mahdoton. Pääurakoitsijalla on tieto ajankohdista ja mahdollisista muutoksista, joten tilaajan tuominen osapuolten väliin ei ole järkevää.

Vaikka liikenteenohjauksen ja rakentamisen eriyttäminen ei haastattelujen perusteella olisi hyvä ratkaisu, liikennejärjestelyjen huomioiminen paremmin urakka-asiakirjoissa tai tarjouspyynnössä sen sijaan voisi auttaa. Tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi tarkempia suunnitelmia tilaajalta tai jonkinlaista kustannusten eriyttämistä. Vuonna 1999 laaditussa selvityksessä Liikenteen sujuvuus tietyömaalla (Tielaitos 1999) on tunnistettu sama ongelma: liikennejärjestelyjen sisältyminen kokonaisbudjettiin aiheuttaa usein mahdollisimman halvalla toteutetut liikennejärjestelyt, mikä voi aiheuttaa suuria liikenteellisiä viivytyksiä. Selvityksessä on ehdotettu ratkaisuksi selkeiden sujuvuustavoitteiden asettamista tai työnaikaisten järjestelyjen kustannusten erottamista muusta projektista. Jo 20 vuotta vanhan selvityksen jälkeen Väylävirasto on tarkentanut ja tiukentanut vaatimuksiinsa työmaajärjestelyistä, mutta selkeät sujuvuustavoitteet puuttuvat edelleen. Parhaassa tapauksessa työnaikaisten liikennejärjestelyjen kustannusten eriyttäminen työn tekemiseen varatuista resursseista parantaisi järjestelyiden laatua ja liikenteen huomioimista järjestelyissä, mutta todennäköisesti myös nostaisi tarjousten hintoja eivätkä suuremmat liikennejärjestelyihin käytettävät kustannukset välttämättä parantaisi liikenteen sujuvuutta. Kustannusten erottaminen selkeiden sujuvuustavoitteiden edelleen puuttuessa todennäköisesti edellyttäisi myös tarkempaa kohdekohtaista ennakkoarviointia sekä tilaajalta että toteuttajalta. Ensisijaisesti olisi siis tarpeellisempaa pyrkiä muodostamaan selkeät sujuvuustavoitteet. Tavoitteiden asettamisen jälkeen voidaan arvioida, onko yleisten sujuvuustavoitteiden pohjalta toteutettavat liikennejärjestelyratkaisut hyvät vai olisiko lisäksi tarve budjettien erotteluun.

Yötöiden teettäminen

Haastattelujen perusteella urakoitsijoiden ja INFRA ry:n toive yötöiden vähentymisestä päällystystöissä on selkeä (myös Hakola 2018; INFRA ry 2019b). Yötyö on työntekijöille selvästi päivätyötä kuormittavaa ja siihen sisältyy suurempia turvallisuusriskejä (Hakola 2018). Vaatiiko yötöiden vähentäminen kuitenkin tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuudesta tinkimisen? Vaikka aikarajoja voitaisiin väljentää, ei ilman yötöiden tekemistä saavuteta vilkkailla teillä riittävän monen tunnin aikaikkunaa työn tekemiselle. Työntekijöihin kohdistuvan haitan lisäksi myös tienkäyttäjät kärsivät merkittävästi yötyön viivästyessä, koska silloin ollaan pahimpaan vuorokaudenaikaan, aamuruuhkassa, töissä. Vilkailla liikenneväylillä yötöiden viivästyemisellä on negatiivisia yhteiskunnallisia vaikutuksia, kun odottamattomat viivytykset aiheuttavat monille esimerkiksi töistä myöhästymisen.

Jos tarkemman liikennemäärätiedon pohjalta yötyöt voitaisiin aloittaa aiemmin illalla, työlle asetettu aikaikkuna joko pitenee tai työt voidaan lopettaa aiemmin. Jos vuorokaudessa voidaan työskennellä useampi tunti kuin ennen, työmaan kokonaiskesto ja siten myös sujuvuushaitan kesto lyhenee. Kriittisissä aamuhuipputuntikohteissa aiemmin illalla aloitettaessa voitaisiin tarjota riittävä aikaikkuna päällystystöiden toteuttamiselle, vaikka lopetettaisiin hyvissä ajoin ennen aamuliikennettä. Tällöin voidaan varmistua siltä, että työmaan viivästyminen ei yllä aamuruuhkaan ja siten alenna palvelutasoa oleellisesti.

Sanktiokäytännöt

ELY-keskusten hankkeilla mahdolliset hallinnolliset tai toteutukseen liittyvät laiminlyönnit on sanktioitu. Sanktio seuraa, jos urakoitsija laiminlyö sopimusasiakirjojen mukaista velvollisuuttaan. Sanktio on tavallisimmin sakotus, mutta räikeissä laiminlyönneissä voi seurauksena olla esimerkiksi toiminnan keskeyttäminen. (Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 2005.)

Väyläviraston ja ELY-keskusten sanktiokäytännöt koettiin selkeinä ja hyväksyttävinä. Yhteistyön tilaajan kanssa koettiin tässäkin suhteessa toimivan: jos sillankorjausurakka venyy esimerkiksi vasta työn edetessä paljastuvien rakenteellisten asioiden vuoksi, niin tilaajan kanssa on sovittu yhdessä aikataulumuutoksista. Tilaajan on koettu olevan melko joustava myös päällystystyömaan viivästyessä asetettujen työaikojen ulkopuolelle, jos viivästys johtuu esimerkiksi konerikosta, vaikka häiriö huonontaisi ruuhka-aikojen liikenteen sujuvuutta. Konerikosta johtuva viivästyminen ei kuitenkaan ole sopimusten mukaan hyväksyttävä syy.

Urakoitsijan intressien ollessa ennen kaikkea taloudelliset tilaajan tulee pyrkiä sitouttamaan myös urakoitsija tietyn liikenteellisen sujuvuuden tason säilyttämiseen. Selkeät sanktio- ja bonuskäytännöt sujuvuuden takaamiseksi on mahdotonta toteuttaa ilman sujuvuuden mittaamista. Urakoitsijan sitouttaminen ennalta tarkemmin määritetyn palvelutason ylläpitämiseen vähentäisi luultavasti työmaahenkilöstön välinpitämättömyydestä johtuvia pieniä haastatteluissakin esiin nousseita rikkeitä. Tällaisia ovat esimerkiksi tarpeettoman pitkäksi venyvä ohjausväli päällystystyömaalla tai perusteettoman alhaiset nopeusrajoitukset työaikojen ulkopuolella. Haastatteluissa kyseenalaistettiin sitä, ovatko sakot riittävän suuria, jos urakoitsija ei tee tarvittavia toimenpiteitä liikenteen sujuvuuden takaamiseksi ja sakon riski otetaan jopa tietoisesti. Mittaamisen kautta sanktio- ja sako-tuskäytäntöjä voisi olla mahdollista tarkentaa ja kehittää.

4.4 Tiedottamisen tehostaminen

Tiedottamisen parantamisessa kyse on ennen kaikkea tiedon tavoitettavuuden, ajantasaisuuden ja tarkkuuden parantamisesta. Tiedottaminen nostettiin haastattelujen tulokista omaksi teemakseen, koska se ei varsinaisesti liity työmaajärjestelyihin, mutta sen välillinen vaikutus tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuteen voi olla merkittävä. Luvussa käsitellään samoja asioita kuin luvussa 3.6, mutta tässä aihetta käsitellään täysin haastateltujen kokemusten ja näkemysten pohjalta luvun 3.6 perustuessa lähes kokonaan kirjallisiin aineistoihin.

Tiedottaminen nähtiin haastatteluissa kehityskohteena, mutta liikenteen sujuvuutta parantavien konkreettisten ratkaisujen löytäminen koettiin haastavaksi. Haastatteluissa myös korostui epäselvyys tiedottamiseen liittyvissä eri osapuolten vastuissa, tietämyksessä, intresseissä ja hyödyissä. Tämä näkyi muun muassa siten, että vain yksi haastatellusta neljästä urakoitsijasta on itsekin tiedottanut kohteistaan sosiaalisessa mediassa, vaikka urakoitsijalla on yleensä paras tieto työmaan tilanteesta. Muiden haastateltujen urakoitsijoiden kohdalla tieto työmaasta on kulkeutunut tienkäyttäjille tilaajan ja tieliikennekeskuksen kautta.

Tiedottamiseen liittyviksi haasteiksi todettiin erityisesti internetissä tarjottavan tiedon osalta, että yksittäisen tienkäyttäjän voi olla vaikea poimia itselle tärkeää ja oleellista tietoa eikä tieto tavoita kaikkia. Toisaalta etuna on, että tietyömaan läpi kulkevaa liikennettä sujuvoittaa vähäininkin liikennemäärien aleneminen tiedottamisen vaikuttaessa edes joidenkin tienkäyttäjien matkapäätoiksiin. Tienkäyttäjien välttäessä ajoa tietyömaan läpi vilkkaimman liikenteen aikaan tai etsiessä kiertoreitin liikennemäärän vähäininkin aleneminen vähentää liikenteen häiriöherkkyyttä tietyömaan kohdalla. Onnistuneen tiedottamisen hyötynä haastatteluissa nähtiin tienkäyttäjien omatoiminen ohjautuminen

muille reiteille ilman että kiertoreittiä olisi varsinaisesti osoitettu ELY-keskuksen toimesta. Tällöin siirtyvä liikenne luultavasti myös jakautuu tasaisemmin läheiselle väyläverkolle kuin osoitetun kiertoreitin tapauksessa, eikä siten laske tietyn tieosan sujuvuutta merkittävästi.

Haastateltujen puheista nousi esiin, että alkava työmaa tuntuu tiedottamisesta huolimatta olevan aina tienkäyttäjälle yllätys. Ennakkotiedon tarjoamisen haasteina ovat ensin tienkäyttäjän tavoittaminen ja seuraavaksi tiedon sisäistäminen ja muistaminen. Kiinteillä tietyömailla tienkäyttäjien tietoisuuden lisääntyminen reitillä olevasta häiriöstä näkyy haastattavien arvioiden perusteella vähäisempinä liikennemäärinä sekä ajokäyttäytymisen selkeytymisenä, kun kuljettajat oppivat työmaan sijainnin ja sen liikennejärjestelyt. Päälystystöissä työmaan lyhytaikaisuuden vuoksi tienkäyttäjät eivät yleensä ehdi tottua liikennejärjestelyihin, vaan ennakkotieto on merkittävämmässä osassa työmaan sujuvuuden toteutumisessa.

Koska ennakkotiedottamisella ei tavoiteta kaikkia, työmaan jo ollessa käynnissä voi tienkäyttäjälle olla tärkeää saada tieto työmaan ajallisesta kestosta, koska se voi vaikuttaa tienkäyttäjän reittivalintoihin jatkossa. Mielenpito työajan aikana työmaakohteessa esitettävän tiedon hyödystä tienkäyttäjälle jakaantuivat haastatteluissa. Kiinteiden tietyömaiden osalta yksi haastatteluissa esiin noussut ehdotus oli tarkemman informaation tarjoaminen ja tiedon päivittäminen työmaan edetessä esimerkiksi väliaikaisesta kaistojen vähentämisestä. Tarkemman informaation nähtiin sujuvoittavan liikennettä, kun autoilijat huomioidaan tarjoamalla selitys liikenteen huonommalle sujuvuudelle kohteessa. Kuitenkin vastakkainen näkemys tarkemman tienvarsitiedon tarjoamiseen työmaakohhteessa oli, että autoilija ei hyödy työmaan detaljitiedoista mitenkään. Haastatteluissa myös huomautettiin, että vasta työmaalla tarjottava tarkka tieto saattaa kannustaa tienkäyttäjää vaaralliseen ajokäyttäytymiseen. Esimerkiksi tiedottaminen tienkäyttäjän mielestä kohtuuttoman pitkistä pysäytysajasta voi johtaa U-käännöksiin tai punaisia päin ajamiseen.

Aikataulutiedottamisessa nähtiin haastatteluissa tarkentamisen varaa. Vaikka tietyömaan aikataulusta pyritään nykyisin tiedottamaan mahdollisimman tarkkaan ja kattavasti muun muassa jakamalla tietoa avoimeen rajapintaan, muutoksia erityisesti päälystystöiden aikatauluihin tulee paljon. Näin ollen tiedon tarkkuudesta ja luotettavuudesta on vaikeaa varmistua. Aikataulutiedottamisessa tulee jatkossa pyrkiä entistä jatkuvampaan ja ajantasaisempaan tietoon. Myös tavoitettavuuteen ja luotettavuuteen tulee kiinnittää huomiota ja tienkäyttäjän pitäisi pystyä varmistamaan tiedon luotettavuus ja ajantasaisuus.

Urakoitsijoita edellytetään ilmoittamaan ennakkoon tieliikennekeskukseen työmaan liikenteelle aiheuttaman haitan vaikutus. Haastateltavien mukaan yleensä ilmoitetaan 5–15 minuuttia tai suoraan urakkapapereissa määritetty suurin sallittu haitta. Tällöin viivytystieto ei ole luotettava, koska sen todenmukaisuutta ei mitata mitenkään. Vaikka Liikennetilanne-palvelua päivitetään käytännössä reaaliajassa, yksittäisen tietyömaan aiheuttaman häiriön osalta tiedottaminen ei ole reaaliaikaista vaan perustuu ennakoilmoitukseen. Näin ollen tietyömaista tarjottavien tietojen kattavuus ja tarkkuus riippuu ennen kaikkea tiedot tieliikennekeskukseen ilmoittaneesta urakoitsijasta. Myös urakoitsijan toimittaman tiedon julkaisussa on epävarmuustekijöitä, joista vastuussa on tieliikennekeskus. Erään haastateltavan mukaan tieliikennekeskus vie päällystystöitä karttapalveluun valitettavan satunnaisesti. Tätä puoltaa myös työn mittauskohteen puuttuminen kartalta. Mittauksia käsitellään tarkemmin luvussa 5.4.

Sujuvuustiedottamisen tavoitetilana voidaan pitää reaaliaikaisen viivytystiedon tarjoamista tienkäyttäjälle. Tienkäyttäjä hyötyisi tiedosta sekä ennakkoon että työmaa-alueella. Toimijoille tämä realisoituisi mahdollisesti vähäisempänä työmaan läpi kulkevana liikennemääränä ja tyytyväisempinä tienkäyttäjinä. Vaikka Liikennetilanne-palvelu on nykyisellään jo harppaus oikeaan suuntaan, hyöty tienkäyttäjille olisi merkittävästi suurempi, jos palvelu arvioisi myös häiriön vaikutuksen matkan keston. Se ei kuitenkaan ole aivan yksinkertaista, koska viivytykseen ei vaikuta ainoastaan alennettu nopeusrajoitus vaan oleellisesti myös liikennemäärä. Jos osuus on ruuhkautunut ja joudutaan ajamaan nopeusrajoitusta hiljempaa, on viivytys luonnollisesti suurempi. Liikennetilanteen huomiointi viivytyksen arvioinnissa edellyttäisi sujuvuustekijöiden reaaliaikaista mittaamista. Tällöin esimerkiksi kaupallisten toimijoiden tarjoamat navigointipalvelut pystyisivät hakemaan tiedot ja hyödyntämään sitä reittilaskennassa. Nykyisellään navigointisovellusten sujuvuustieto tulee pääasiassa suoraan tienkäyttäjiltä, eikä se ole täysin kattavaa.

Kenen vastuulla tietyömaiden häiriötiedottaminen on ja mitä väyliä pitkin tietoa tulisi avoimen rajapinnan lisäksi tarjota? Keinoja on monia, mutta voi olla vaikeaa tunnistaa, missä hyöty olisi suurinta ja mikä tapa tavoittaisi kohderyhmän tehokkaimmin. Pelkästään tilaajan vastuulla tiedottamisen ei tulisi olla, koska urakoitsija tietää parhaiten työmaan senhetkisen tilanteen ja mahdolliset poikkeustilanteet työmaalla. Työmaaahenkilöstön tulee kuitenkin voida keskittyä itse työn tekemiseen eikä tiedon tuottamiseen. Nykyistä tarkemman ja ajantasaisemman tiedon tarjoaminen edellyttää vastuiden selkiyttämistä ja henkilöresurssien varmistamista. Samalla tulee miettiä, kuinka tiedonkulun ketju saada mahdollisimman aukottomaksi.

4.5 Haastattelujen koonti ja pohdinnat

Haastatteluissa käsiteltiin monia työmailla käytössä olevia tai mahdollisesti käytettäviä ratkaisuja, joista osassa nähtiin käyttöpotentiaalia sujuvuushaitan vähentämiseen pyritäessä ja jotkin koettiin turhina. Haastateltavien arvioidessa ratkaisujen hyödyllisyyttä tärkeinä tekijöinä nousivat esiin myös turvallisuus- ja kustannustekijät (tuottavuus). Lu-
vussa 4 esiteltyt, haastatteluissa esiin nousseet ratkaisut tietyömaan aiheuttaman sujuvuushaitan vähentämisestä on koottu seuraaviin luetteluihin:

Työmaan liikennejärjestelyt:

- ramppien sulkeminen päällystystyön ajaksi
- TMA-törmäysvaimentimen käyttö
- saattoauto
- nopeusrajoitusten nostaminen työaikojen ulkopuolella
- digitaaliset nopeusrajoitusmerkit
- selkeä visuaalinen ilme
- liikenteenohjaajien perehdyttäminen
- reittiohjaus
- moottoritien ajoradan sulkeminen
- siltatyömaiden liikennevalo-ohjauksen parantaminen.

Tilaajan toiminta ja sopimuskäytännöt:

- ohjeiden tulkinnanvaraisuuden vähentäminen
- liikennemäärätiedon tarkentaminen
- liikenteenohjaajien määrän osoittaminen yhdessä tilaajan kanssa
- käytäntöjen yhtenäistäminen ELY-keskusten välillä
- liikennejärjestelyjen eriyttäminen kokonaishinnasta
- yötyöt
- sanktiokäytäntöjen tarkentaminen.

Tiedottaminen:

- nopeusnäyttötäulu
- sekuntilaskin
- tiedottamisvastuiden selkeyttäminen
- tietyömaakohteen liikennetilanteen ajantasainen tiedottaminen.

Toimijoiden puheissa liikenteen sujuvoittaminen nähtiin helposti turvallisuutta heikentävänä asiana, mitä sen ei kuitenkaan tarvitse tarkoittaa. Sujuvoittaminen ei välttämättä ole korkeampien nopeuksien mahdollistamista vaan esimerkiksi ajoneuvokohtaisesti ly-

hyempiä jonotusaikoja ja tasaisempaa liikennevirtaa tai tienkäyttäjän kokemukseen vaikuttamista informaation kautta. Tieto tietyömailla aiemmin kokeiltujen liikenteenohjausratkaisujen toimivuudesta vaikutti haastattelujen perusteella olevan lähinnä projekteissa mukana olleilla ihmisillä, eikä tuloksia ole raportoitu. Tämä vaikeuttaa perustelujen saamista esimerkiksi tunnistimella varustettujen liikennevalojen, nopeusnäyttötaulun tai pysäytysajan näyttävän taulun poisjääntiin. Edellä mainittuja ratkaisuja voitaisiin kokeilla uudestaan ja kerätä tietoa niiden toimivuudesta mittauksin ja tienkäyttäjiä haastatteleamalla. Tällöin saataisiin perusteet ratkaisujen käyttämiselle tai poisjättämiselle jatkossa. Esimerkiksi pysäytysajan näyttävästä taulusta sillankorjaustyömaalla oli hyviä kokemuksia, mutta silti sitä ei nykyisellään käytetä ainakaan haastateltujen kohteissa.

Edellä luetellut sujuvuushaittaa vähentävät keinot voidaan jaotella työmaan kestoa lyhentäviin, työmaakohteen läpi kulkevaa liikennemäärää vähentäviin, pysäytyksiä vähentäviin, pysäytyksen kestoa lyhentäviin, ajokäyttäytymiseen vaikuttaviin sekä tienkäyttäjien tietämystä parantaviin keinoihin. Työmaan kestoa voidaan lyhentää esimerkiksi sallimalla laajemmat aikaikkunat työnteolle tai toteuttamalla liikennejärjestelyt siten, että työskentely työmaalla on tehokkaampaa. Työmaan keston lyhentäminen tarkoittaa yleensä myös tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden heikkenemistä työn aikana. Tällöin tulee puntaroida, onko haitallisempaa pienempi sujuvuushaitta pidemmän aikaa vai suurempi sujuvuushaitta lyhyemmän aikaa. Keinoja liikennemäärän vähentämiseen työn aikana ovat työn ajankohdan valinta, tienkäyttäjien tietoisuus ja sillä saavutettavat reitin- ja ajankohdan valinnat sekä reittiohjaus. Pysäytyksiä voidaan vähentää reittiohjauksella sekä kapasiteetin riittävyydellä. Pysäytysten kestoon voidaan vaikuttaa mahdollisimman tehokkaalla ohjauksella muun muassa sitomalla pysäytyksen kesto valitseviin liikennemääriin ja pitämällä työmaasta aiheutuva yksikaistainen osuus mahdollisimman lyhyenä. Tienkäyttäjien toivottu ajokäyttäytyminen tarkoittaa alhaisempia ja tasaisempia nopeuksia sekä turhautumisesta aiheutuvan riskikäyttäytymisen vähentymistä. Keinoja vaikuttaa tienkäyttäjien toimintaan ovat selkeät ja yhdenmukaiset liikennejärjestelyt, perustellut nopeusrajoitukset sekä tiedon tarjoaminen. Merkittävässä roolissa ja lopulta ratkaisevana on tienkäyttäjän kokemus, jolloin varsinaisia työmaajärjestelyjä ja esimerkiksi matka-ajan viivytystä merkittävämmäksi nousee tienkäyttäjän tavoitettavan informaation määrä ja laatu. Onnistuneella tiedottamisella pystytään parantamaan tienkäyttäjien kokemaa sujuvuutta, jolloin tietyömaajärjestelyihin saatetaan olla aiempaa tyytyväisempiä, vaikka objektiivinen sujuvuus ei muuttuisikaan. Monet sujuvuutta parantavat keinot kytkeytyvät toisiinsa. Esimerkiksi alhaisemmat kohteen liikennemäärät vaikapa onnistuneen tiedottamisen tai reittiohjauksen avulla voivat mahdollistaa laajemman

aikaikkunan tehtävälle työlle, mikä lyhentää työmaan ja siten liikenteelle aiheutuvan sujuvuushaitan kestoja.

Työssä toteutettujen haastattelujen tuloksista käy ilmi, että liikenteen sujuvuutta tietyömailla ei ole pyritty viime vuosina määrätietoisesti parantamaan, koska nykyisten keinojen katsotaan takaavan riittävän sujuvuuden Suomen maanteilla. Tietyömaata toteutettaessa liikenteen sujuvuuteen kiinnitetään huomiota vasta rakentamisjärjestelyjen ja turvallisuuden takaamisen jälkeen. Tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuteen panostaminen nähdään helposti ylimääräisenä kulueränä, jonka kustannusten koetaan olevan pois itse työn tekemisestä. Liikenteen sujuvuuden parantamisella saavutettavia hyötyjä voi olla vaikea todentaa eivätkä ne välttämättä näy heti, mikä hankaloittaa toimijoiden motivoitumista kehittämiseen. Kehitettävää on aina, mutta jos liikenteen sujuvuuteen ollaan tyytyväisiä, on vaikeaa tunnistaa siihen liittyviä kehityskohteita ja niihin toimivia ratkaisuja. Luultavasti juuri resurssien priorisointi ja näkökulma, että sujuvuuteen panostaminen on pois jostain muusta kuten turvallisuudesta tai henkilö- ja taloudellisista resursseista, vähentää osapuolten mielenkiintoa innovointiin ja kehittämiseen. Haastateltavat olivat avoimia tietyömaasta aiheutuvan sujuvuushaitan vähentämiselle, mutta kuitenkin vallitsevana esiintyi ajatus, että järjestelyt työmaalla ovat jo nyt niin hyvät kuin mahdollista. Tämä saattoi olla taustalla siinä, että haastatteluissa ei tuotu esiin yhtään sellaista ratkaisua, jota Suomessa ei olisi koskaan käytetty.

5. SUJUVUUSTIETO TIETYÖMAAN LÄPI KULKE- VASTA LIIKENTEESTÄ

Sujuvuustieto on erilaisin mittarein ja laadullisin menetelmin raportoitavaa tietoa sujuvuustekijöistä. Tietyömailla vaikuttavat liikenteen sujuvuustekijät on esitelty luvun 3.4 kuvassa 11. Sujuvuustekijät liittyvät liikenteen ominaisuuksiin, tienkäyttäjien ajokäyttäytymiseen, työmaan toteutukseen sekä olosuhteisiin. Toteutuva liikenteen sujuvuus koostuu kaikkien sujuvuustekijöiden yhteisvaikutuksesta.

Lukuisten liikenteen sujuvuustekijöiden kytkeytyminen toisiinsa tekee sujuvuustiedon keräämisestä ja erityisesti eri tekijöiden vaikutusten arvioinnista vaikeaa. Toiminnan kehittämiseksi vaikutusten arviointi on kuitenkin välttämätöntä, ja vaikutuksia ei voida arvioida ilman tietoa liikenteen sujuvuudesta. Sujuvuustiedon hyötynä on siis sen avulla syntyvä mahdollisuus toiminnan tehostamiseen ja parantamiseen tietöiden teettämisessä ja toteutuksessa esimerkiksi luvussa 4 käsiteltyjen keinojen avulla. Sujuvuustiedon avulla toteutettavien toimenpiteiden vaikutuksia voidaan arvioida työmaanaikaisella seurannalla. Tietyömaiden aiheuttaman liikenteen sujuvuushaitan vähentäminen nostaa väylän työmaanaikaista palvelutasoa ja parantaa siten saavutettavuutta ja tienkäyttäjien tyytyväisyyttä.

5.1 Sujuvuustiedon tuottamisen ja raportoinnin nykytila

Liikenteen sujuvuustiedon tuottamista ja raportointia käsitellään haastattelujen pohjalta. Haastateltavien tietyömaakohteissa ei ole järjestelmällisesti kerätty sujuvuustietoa eivätkä urakoitsijat raportoi sujuvuudesta tilaajalle kuin keskustelutasolla. Yleisesti sujuvuuden indikaattorina on ollut tienkäyttäjiltä tuleva puhelinsoittojen määrä. Viikoittain työmaalla toteutettavassa tasonmittauksessa arvioidaan liikennejärjestelyjen yhteydessä myös sujuvuutta ja sen toteutumisesta raportoidaan tilaajalle, vaikkakin arvioitavat seikat ovat pääasiassa turvallisuuteen liittyviä. Raportointia liikenteen sujuvuudesta tehdään oikeastaan vasta siinä vaiheessa, kun asiakaspalautetta tulee poikkeuksellisen paljon ja jokin on selvästi mennyt vikaan. Tällöinkään sujuvuuden arvioinnissa ei ole muuta mittaria kuin että se on nähty ongelmallisena. Työmaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden arviointi on näin ollen melko karkeaa.

Yhden haastatellun urakoitsijan kohteessa tilaaja oli kerran edellyttänyt sujuvuuteen liittyvien tietojen keräämistä. Tilaaja oli kiinnostunut ajasta, jonka jonon ensimmäinen auto on pysähdyksissä tietyllä ohjausvälillä. Tiedon keräsivät liikenteenohjaajat. Urakoitsijan

arvion mukaan tilaaja oli kiinnostunut liikennemäärän ja liikenteen ohjausmatkan vaikutuksesta pysähdysaikoihin ja vastaako todellinen viivytys ennakkoon arvioitua. Urakoitsijalla ei ollut tarkempaa tietoa, kuinka tilaaja hyödynsi tuloksia.

Sujuvuustietoa voidaan tuottaa ennen työmaan käynnistämistä ja työmaan aikana. Haastatteluissa nousseita keinoja ennakkotiedon tuottamiseen ovat simulointi ja liikennelaskentalaitteet. Simulointia on haastateltavien mukaan käytetty joissain isoissa kiinteissä tietyömaakohteissa tekemällä esimerkiksi ajouratarkasteluja. Joissakin erityisen haastavissa kohteissa on tehty myös liikennesimulointeja, mutta niiden tekeminen vaikuttaa olevan harvinaista. Liikennelaskentalaitteilla voitaisiin tuottaa tarkkaa liikennemäärätietoa, joka yhtenä sujuvuustekijänä voitaisiin ottaa huomioon työlle asetettavia aikarajoja suunniteltaessa.

Työmaanaikaisen sujuvuustiedon tuottamisen vastuut eivät vaikuta olevan kovin selkeitä. Haastatteluissa nousi selkeästi esiin näkemys, että sujuvuustiedon tuottaminen ei voi olla työmaahenkilöstön tehtävä. Siihen täytyisi siis olla erillinen henkilöstö joko urakoitsijan tai ulkopuolisen palveluntarjoajan kautta. Haastatteluissa myös huomautettiin, että tiedonkeruu ei voi nykypäivänä olla ruutupaperille kirjausta vaan tekniikan hyödyntämistä. Vaikka tiedonkeruu olisi automaattista, se vaatii kuitenkin jonkinlaisia henkilöresursseja, mikä on huomioitava toteutusta suunniteltaessa. Jos esimerkiksi laitteiden asentaminen ja tarkistaminen on työmaahenkilöstön vastuulla, täytyy se resursoida.

5.2 Sujuvuusmittarin kehittämismahdollisuudet

Luvussa pohditaan edellytyksiä ja mahdollisuuksia tietyömaille soveltuvan sujuvuusmittarin kehittämiseksi. Jotta sujuvuutta voidaan arvioida muuten kuin laadullisin mittarein (sujuvaa - ei sujuvaa ja tienkäyttäjien palaute), tarvitaan mittaustietoa. Liikenteen sujuvuutta tieverkolla arvioidaan ja mitataan jo nykyisellään LAM-pisteissä, mutta tekninen mittari liikenteen sujuvuudelle tietyömaalla puuttuu. Sujuvuustiedon tuottamisen hyöty olisi parhaassa tapauksessa häiriöiden pieneneminen, kun sujuvuudelle pystyttäisiin määräämään raja-arvoja ja urakoitsijat olisi mahdollista sitouttaa tiettyyn sujuvuuden tasoon mittaamalla sen toteutumista. Myös luvussa 4.3 käsitelty nykyistä selkeämpi bonus- ja sanktiomenettely olisi tarkemman tiedon myötä mahdollinen. Aiemmilta työmailta kerättyjä tietoja voitaisiin hyödyntää tulevilla kohteilla jossain määrin jo suunnitteluvaiheessa ja toimintaa olisi helpompaa kehittää, kun toimenpiteet pystyttäisiin perustelemaan mittaustiedon avulla. Tienkäyttäjää hyödyttäisi viivytyksen suuruuden tai pysäytyksen keston tietäminen. Tieto voitaisiin tuottaa avoimeen rajapintaan, josta se olisi kaupallisten toimijoiden käytettävissä ja jalostettavissa.

Sujuvuustekijät eivät yksin kerro toteutuvasta sujuvuudesta, vaan sujuvuuden arvioimiseksi tarvitaan jonkinlaisia mittareita, joiden taustalla sujuvuustekijät vaikuttavat. Haastattelujen perusteella liikenteen sujuvuutta tietyömaalla arvioidaan vain epävirallisella laadullisella mittarilla, jonka mukaan ilman suurempia, reagointia ja muutoksia vaa-
 tivia sujuvuusongelmia liikenteen katsotaan olevan riittävän sujuvaa. Sujuvuuden koostuessa monista tekijöistä, sen mittaaminen ja syy-seuraussuhteiden löytäminen on hankalaa, mikä onkin todennäköisin syy siihen, että toistaiseksi on tyydytty karkeaan sujuvuuden arviointiin. Joissain tapauksissa tällainen hyvin karkea laadullinen mittari on riittävä, mutta sujuvuusvaatimusten tarkentamiseen tai hyödyllisten toimenpiteiden tunnistamiseen sujuvuuden tason nostamiseksi sujuvaa/ei sujuvaa -tyyppinen mittari ei sovi.

Luttinen (2001) on tutkimuksessaan kehittänyt Highway Capacity Manualin (TRB 2000) pohjalta suomalaisiin olosuhteisiin soveltuvan menetelmän kaksikaistaisen maanteiden välityskyvyn ja palvelutason arviointiin. Luttisen esittämät kriteerit ovat hyvä pohja myös sujuvuusmittarille, jonka pohjalta voitaisiin arvioida työmaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta. Arviointiin käytettävän liikennevirran palvelutasomittareiden kriteereiksi tutkimuksessa on asetettu seuraavat ehdot (Luttinen 2001):

1. Kuvastavat tienkäyttäjien havaintoja liikennevirran ominaisuuksista
2. Ovat mitattavissa helposti
3. Ovat yhteensopivia muita ominaisuuksia kuvaavien mittareiden kanssa
4. Sopivat kuvaamaan sekä ruuhkatonta että ruuhkautunutta tilannetta
5. Sopivat mahdollisimman hyvin myös turvallisuuteen, taloudellisuuteen ja ympäristöön liittyviin analyyseihin.

Aiemmin laadituissa tieliikenteen sujuvuuteen liittyvissä selvityksissä on käytetty sujuvuuden mittareina ajo- ja matkanopeuksia ja niiden hajontaa, jonoutumista, aikamene-
 tyksiä eli viivytystä, viivytettynä ajavien osuutta. Työmailla sujuvuutta on arvioitu nopeuk-
 sien (pistenopeus, matkanopeus) ja niiden vaihtelun, välityskyvyn sekä matka-aikojen ja aikakustannusten kautta. Luoma (1998), Kalliokoski et al. (2004) ja Niinikoski et al. (2008) pitävät tärkeimpänä yksittäisenä sujuvuutta kuvaavana mittarina matka-aikaa. Sen avulla saadaan selville työmaan liikenteelle aiheuttamat viivytykset ja samalla voidaan arvioida matka-ajan luotettavuutta ja osuuden ruuhkautumista viivytysten vaihtelu-
 jen pohjalta. Viivytysten pohjalta voidaan myös laskea aikakustannukset. Väylävirasto ei ole määritellyt tarkkoja raja-arvoja sujuvuudelle tietyömaita koskeissa ohjeissaan. Tien-
 rakennustyömaita koskien ohjeessa on linjattu yksittäisen tienkäyttäjän pysähtymisajaksi korkeintaan kymmenen minuuttia (Liikennevirasto 2017b, s. 18). Yhden auton suurin py-
 sähdysaika soveltuu liikenteen sujuvuuden mittaamiseen tietyömailla, joissa pysähdyk-
 siä syntyy.

Sujuvuushaitta riippuu häiriön vakavuudesta ja toistuvuudesta. Yksittäisen tienkäyttäjän kohdalla arviointi on vaikeaa, koska vain kerran tietyömaan läpi kulkevalle tärkeää on mahdollisimman pieni haitta yhdellä kertaa. Useamman kerran työmaan läpi kulkeva voi sietää suuremman haitan, jos työmaan kesto on lyhyempi ja haittaa ei joudu kohtaamaan niin montaa kertaa kuin pienemmän haitan joutuisi työmaan keston ollessa pidempi. Järjestelmätasolla liikenteen sujuvuushaitan vaikutusta voidaan arvioida yhteiskuntataloudellisesti esimerkiksi ajoneuvojen yhteenlasketun viivytyksen perusteella laskettavan aikakustannusten lisäyksen kautta (Tielaitos 1999; Kalliokoski et al. 2004.)

Haastatteluissa sujuvuuden kannalta oleellisimpana mittarina pidettiin yksittäisen ajoneuvon läpimenoaikaa tietyömaan kohdalla. Tämän mittaamiseksi haastatteluissa tunnistettiin tarve mitata kaistavarauksen pituus eli ohjausväli, ajoneuvon nopeus sekä odotusaika liikenteenohjausaidalla. Yksinkertaisimmillaan viivytyksen mittaaminen voisi olla yksittäisen auton matka-ajan mittaaminen tietyömerkiltä alkuperäisen nopeusrajoituksen palauttavalle merkille. Tieto voitaisiin tuottaa esimerkiksi rekisterikilpien tunnistusmenetelmällä. Pelkästään matka-ajan mittaaminen ei auta matka-ajan pienentämiseen tähtäävien toimenpiteiden suunnittelussa, mutta kertoo työmaan aiheuttamien matka-aikojen vaihtelusta.

Tietyömaan tyypistä ja toteutustavasta riippumatta mittaaminen voidaan toteuttaa samalla tavoin eri kohteissa. Mittauksen toteuttaminen ei ole ongelma, vaan haasteita aiheuttaa mittaustulosten taustalla olevien syiden tunnistaminen ja sitä kautta tulosten yleistettävyyden vaikeus. Mittaustulosten yleistäminen koskemaan esimerkiksi täysin samoin toteutettuja tietyömaita tietyn ELY-keskuksen alueella tai vaikkapa koko Suomessa ei suoraan onnistu kohteesta ja toteutusajasta riippuvien, yksilöllisten olosuhdetekijöiden ja mahdollisesti myös alueittain erilaisen ajokäyttäytymisen vuoksi. Tämän vuoksi vain yhden tai kahden sujuvuustekijän mittaaminen ei riitä, vaan arvioinnissa ja mittaamisessa tulee huomioida useita tekijöitä. Tarpeeksi kattavien mittausten pohjalta voidaan arvioida eri sujuvuustekijöiden vaikuttavuutta sekä sen pohjalta tehdä toimenpiteitä, joilla on suurimmat positiiviset vaikutukset liikenteen sujuvuuteen huomioiden myös turvallisuus ja kustannukset. Kattavalla vaikutustarkastelulla varmistetaan oikeiden toimenpiteiden valinta sekä palvellaan osapuolten vuorovaikutusta (RIL 2005, s. 271). Tavoiteltavat toimenpiteet ovat tietyön kokonaistarkastelun kannalta edullisia eli sujuvuushaitan pienentämiseen tähtäävällä toimenpiteellä ei esimerkiksi heikennetä työntekijöiden turvallisuutta eikä se ole kohtuuttoman kallis.

Tavoiteltava sujuvuuden taso työmaan läpi kulkevalle liikenteelle riippuu näkökulmasta. Tienkäyttäjä haluaa kulkea paikasta toiseen mahdollisimman häiriöttömästi ja ELY-kes-

kus haluaa tienpitoviranomaisena tarjota mahdollisuudet turvalliselle ja sujuvalle liikenteelle ja siten pyrkiä tienkäyttäjien tyytyväisyyteen (Luoma 1998). Urakoitsijan intresseissä on työn suorittaminen urakkasopimuksen reunaehtojen puitteissa mahdollisimman sujuvasti ja lyhyessä ajassa. Sekä tienkäyttäjä, ELY-keskus ja urakoitsija tavoittelevat toki mahdollisimman sujuvaa liikennettä, mutta hyödyt ja kustannukset sujuvuuden tavoittelussa ovat erilaiset eri näkökulmista. Tämä vaikuttaa suoraan toimijoiden käsitykseen ”riittävästä” sujuvuuden tasosta. Urakoitsija sietää tuottavuuden nimissä alhaisempaa sujuvuutta kuin mitä ELY-keskus tavoittelee. Sujuvuusmittarin avulla urakoitsija olisi helpompi sitouttaa ELY-keskuksen tavoitteleman sujuvuuden tasoon, mikä hyödyttää lopulta kaikkia osapuolia.

Haastatteluissa ilmennyt urakoitsijoiden huoli tarkempien sujuvuuteen liittyvien mittaus-tulosten myötä tiukentuvista ehdoista ja sen vuoksi lisääntyvästä työmäärästä ja tuottavuuden alenemisesta on perusteltu. Onkin tärkeää, että sujuvuusmittari ei sisältäisi pelkästään vaatimuksia sanktioiden uhalla, vaan sen avulla myös urakoitsija voisi tienpito-viranomaisen ja tienkäyttäjän tavoin hyötyä sekä liikenteen sujuvuuden että liikenneturvallisuu- den kannalta hyvin läpiviedystä työmaasta. ELY-keskuksen tienpitoviranomai- sena saavuttama hyöty voidaan nähdä yhteiskunnallisten kustannusten kuten aika- ja ympäristökustannusten pienentymisenä sekä tienkäyttäjien vähäisempänä tyytymättö- myytenä haittojen pienentyessä.

5.3 Liikenteen viivytysten mittaus

Luvussa mietitään viivytyksiin perustuvan mittarin soveltuvuutta liikenteen sujuvuuden arvioimiseen tietyömaalla sekä sen edellytyksiä ja taustalla vaikuttavia tekijöitä. Samalla se pohjustaa työssä toteutettuja mittauksia.

Sujuvuuden toteutumista voidaan sujuvuutta käsittelevien selvitysten perusteella parhai- ten ja objektiivisimmin arvioida työmaan aiheuttaman viivytyksen kautta eli kuinka paljon kauemmin matkaan kuluu työmaan vuoksi kuin normaalioloissa ilman työmaata. Työ- maan aiheuttama viivytys voi johtua reitin pidentymisestä ja/tai alentuneesta nopeu- desta, liikennevirran pysäyttämistä tai liian alhaisesta tien kapasiteetista (Olia et al. 2012; ITE et al. 2016, s. 887). Liian alhainen kapasiteetti liikennemääriin nähden aiheut- taa tien ruuhkautumisen, mikä aiheuttaa lisäviivytyksiä. Kalliokosken et al. (2004) mu- kaan viivytykset ovat suurin tienkäyttäjille ja yhteiskunnalle häiriöstä aiheutuva haitta ja siksi työmaan aiheuttama viivytys on hyvä mittari sujuvuuden arvioimisessa.

Työmaan aiheuttama viivytys on jo itsessään arvokasta tietoa tienkäyttäjälle matkaa suunniteltaessa. Viivytysmittausten avulla tieliikennekeskus voisi tarvittaessa tarkentaa

urakoitsijan ennakkoon ilmoittamaa viivytystietoa, jolloin se ei olisi pelkästään ennen työn aloittamista tehty arvio ja palvelisi tienkäyttäjää paremmin. Luoman (1998) mukaan henkilöauton kuljettajien kokemaa sujuvuutta kuvaa parhaiten tavoitenopeuden ja ajonopeuden välinen ero. Tienkäyttäjän saadessa ennakkotietoa viivytyksen suuruudesta, tavoiteajan ja ajonopeuden välinen ero on pienempi ja siten koettu sujuvuus on parempi.

Viivytysten kautta sujuvuutta arvioiva mittari täyttää luvussa 5.2 esitellyt Luttisen (2001) maanteiden välityskyvyn ja palvelutason mittarille asettamat kriteerit melko hyvin. Viivytyksiin perustuva sujuvuusmittari sisältää toteutuneen nopeustason, joka on selkein tekijä sujuvuuden kokemisessa (Kiljunen & Summala 1998). Se kuvaa melko hyvin tienkäyttäjän havaintoja liikennevirran laadusta, vaikka onkin puhtaasti tekninen mittari. Viivytysten mittaaminen on nykytekniikalla kohtalaisen helppoa ja se on sovitettavissa yhteen muiden tien tai liikenteen ominaisuuksia kuvaavien mittareiden kanssa. Mittari toimii sekä ruuhkattomassa että ruuhkautuneessa tilanteessa. Jos ruuhka on niin paha, että se heijastuu tietyöalueen ulkopuolelle, ei siellä aiheutunut viivytys tule välttämättä mitatuksi. Siinä tapauksessa voidaan kuitenkin katsoa tarkkojen mittaustulosten sijaan laadullisen arvion pahasta ruuhkautumisesta riittävän. Heikoimmin Luttisen asettamista kriteereistä täyttyy mittarin soveltuvuus turvallisuuteen, taloudellisuuteen ja ympäristöön liittyviin analyyseihin. Viivytyksiä kuvaavan mittarin avulla voidaan kuitenkin arvioida aika- ja ajoneuvokustannuksia sekä viivytyksistä aiheutuvia päästöjä (Kalliokoski et al. 2004).

Viivytykset muodostuvat normaalitilannetta alhaisemmista ajoneuvojen nopeuksista ja mahdollisista pysäytyksistä. Joissakin tapauksissa viivytyksiä saattaa matkan pidentymisen vuoksi aiheuttaa kiertoreitti. Viivytystiedon tuottamiseen tarvitaan tietyömaan läpi ajamiseen kuluva yksittäisen ajoneuvon matka-aika, jota verrataan valitun vertailutilanteen matka-aikaan. Vertailutilanteena voidaan pitää esimerkiksi matka-aikaa häiriöttömissä olosuhteissa tai työmaan mukaisilla nopeusrajoituksilla, mutta ilman pysähdyksiä. Jotta viivytyksen aiheuttamia syitä voidaan tunnistaa ja sen suuruuteen vaikuttaa, tulee selvittää ja mitata muitakin sujuvuustekijöitä. Liikennemäärällä ei ole suurta vaikutusta viivytykseen, kun välityskyky on riittävä ja ruuhkautumiselta vältytään. Eri tekijöiden vaikutuksen suuruutta tuloksiin ei pystytä yhden työmaatarkastelun perusteella toteamaan, mutta mittausten toteuttaminen monilla työmailla voisi avata eri tekijöiden merkitystä matka-ajan kasvuun. Viivytyksen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

Työmaajärjestelyt:

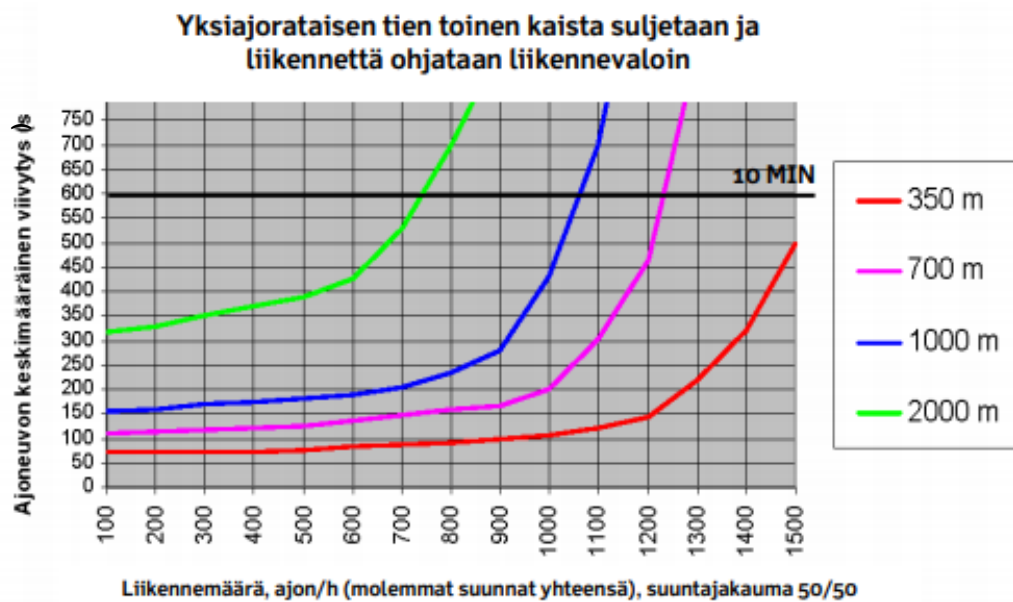
- muutokset kaistajärjestelyihin: kaistaleveys ja suljetun kaistan pituus
- nopeusrajoituksen alenema (toteutuneet nopeudet)
- tien heikompi pintakunto

- kiertotie: matkan pidentyminen
- liikennevalojen kiertoaika ja vihreän valon pituus

Sijainti ja aika:

- tuntiliikennemäärä
- sää.

Kalliokoski et al. (2004) ovat arvioineet tietyömaiden aiheuttamia viivytyksiä simuloimalla. Simuloinnein saadut tulokset viivytysten suuruudesta eri työmaapituuksilla ja liikennemäärillä sekä pysäytysajoilla ovat edelleen käytössä Väyläviraston ohjeissa (Liikennevirasto 2017a; Liikennevirasto 2017b). Selvityksessä todetaan kuitenkin tarve kenttätutkimuksin tuotetuille koetuloksille viivytysten osalta (Kalliokoski et al. 2004, s. 67). Kuvassa 15 on esitetty Kalliokosken et al. (2004) tutkimuksessaan saavuttamat tulokset yksiajorataisella tiellä aiheutuvista viivytyksistä eri kaistapituuksilla ja liikennemäärillä, kun toinen kaista suljetaan ja liikennettä ohjataan liikennevaloin. Vertailutilanteessa liikenne kulkee häiriöttä ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 15. Matka-ajan pidentyminen (s/ajon.) liikennemäärän mukaan, kun toinen kaista suljetaan yksiajorataisella tiellä 350, 700, 1000 tai 2000 m pituisella matkalla. Kavennetulla kohdalla nopeusrajoitus alennetaan 50 km/h ja liikennettä ohjataan liikennevaloin. (Kalliokoski et al. 2004, Liikenneviraston 2017b, s. 26 mukaan.)

Kuvassa 15 esitettyjen viivytysten taustalla on aikaohjattu eli kiinteä liikennevalo-ohjaus. Simulointitutkimuksessa selvitettiin myös vihreän ajan ja liikennevalojen kiertoajat, joilla liikenteelle aiheutuvat viivytykset ovat mahdollisimman pienet. Kalliokosken et al. (2004) mukaan viivytyshaitta riippuu paljon häiriökohdan eli suljetun kaistaosuuden pituudesta sekä liikennevalojen vihreän ajasta. Päälystystyömaita koskevassa Väyläviraston ohjeissa (Liikennevirasto 2017a) on esitetty kaistavarauksen suositellut enimmäispituudet

liikennemääriin perustuen ja ne on esitetty taulukossa 3. Luvut pohjautuvat Kalliokosken et al. (2004) tekemiin simulointeihin, mikä on nähtävissä kuvasta 15.

Taulukko 3. Suljettavan kaistaosuuden suositeltavat pituudet liikennevaloin ohjatussa päällystyskohteessa yksiajorataisella tiellä (enimmäisviivytys 10 min.). (Kalliokoski et al. 2004, Liikenneviraston 2017a, s. 13 mukaan.)

Liikennemäärä, ajon./h (molemmat suunnat yhteensä, suuntajakauma 50/50)	Suljettavan kaistaosuuden enimmäispituus, metriä
< 700	2 000
< 850	1 500
< 1 000	700
< 1 200	350

Yksittäisen auton matka-aikaa työmaan läpi voidaan mitata anturiajoneuvon tai ajoneuvon tunnistavan järjestelmän (engl. AVI = ”Automatic Vehicle Detection”, esim. rekisterikilven tunnistus) avulla. Oleellista on selvittää myös aika, jonka yksittäinen ajoneuvo on pysähdyksissä tai jonossa. Tieto voidaan tuottaa videokuvatulkinnalla tai ainakin tarkkailemalla jononmuodostumista. Jonopituutta voidaan mitata videoilmaisimen lisäksi esimerkiksi tutkailmaisimella. (Kulmala & Luoma 2001a, Innamaan & Pursulan 2002, s. 31 mukaan.) Pysäytyksen mittaaminen on tärkeää siksi, että saadaan selville, kuinka suuri viivytys aiheutuu pelkästään pysäytyksistä ja se voidaan huomioida sujuvuuden parantamistoimenpiteiden suunnittelussa.

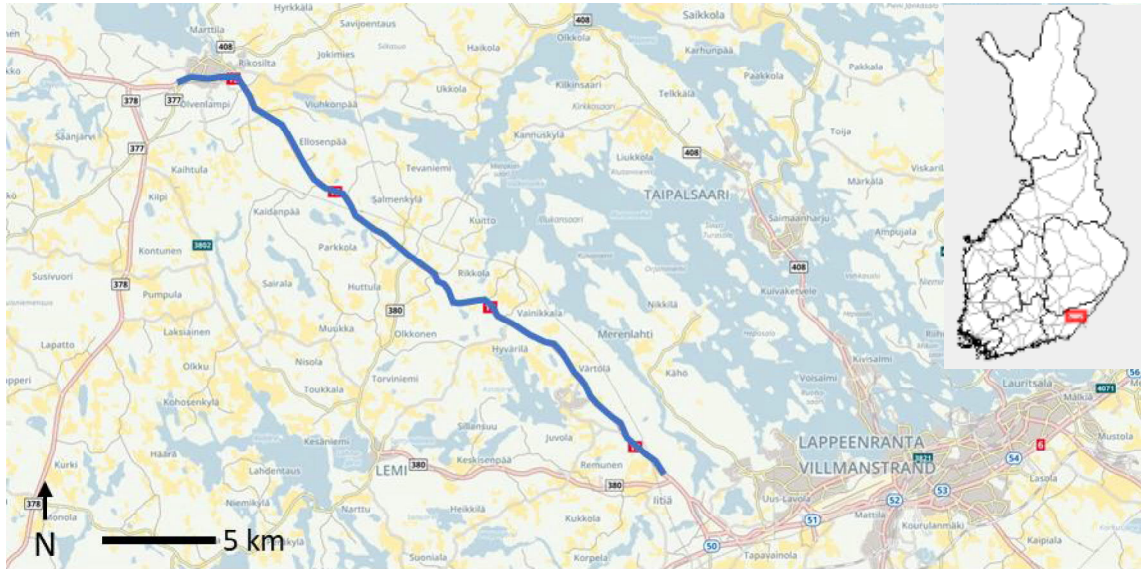
Työhön liittyvillä päällystystyömaalla toteuttavilla mittauksilla on tarkoitus selvittää tietyömaan liikenteelle aiheuttaman sujuvuushaitan suuruutta. Mittauksin on tarkoitus arvioida viivytysten suuruuden vaihtelua sekä viivytyksen riippuvuutta eripituisista ohjausväleistä. Mittausten pohjalta pyritään tutkimaan mahdollisuuksia sujuvuusmittarin muodostamiselle sekä tutkitaan, kuinka hyvin tarkastelukohteen viivytykset vastaavat luvussa aiemmin esitellyn Kalliokosken et al. (2004) tekemän simulointitutkimuksen tuloksia.

5.4 Liikennemittaukset vt13:n päällystystyömaalla

Työtä aloitettaessa ajatuksena oli löytää kirjallisuuden ja haastattelujen tuloksena potentiaalisia, kokeiltavia sujuvuutta parantavia ratkaisuja tietyömaalle, joita tapaustutkimuksessa voitaisiin testata työmaalla. Haastattelut ohjasivat tapaustutkimuksen suunnittelua siten, että mitään uutta liikenteenohjausratkaisua ei työmaalla kokeiltu, vaan mitattiin tavanomaisesti toteutetun päällystystyömaan aiheuttamia viivytyksiä sen läpi kulkevalle liikenteelle. Vastaavia viivytyksiin perustuvia sujuvuusmittauksia ei ole suoritettu aiemmin tietyömaakohteissa Suomen maanteilla.

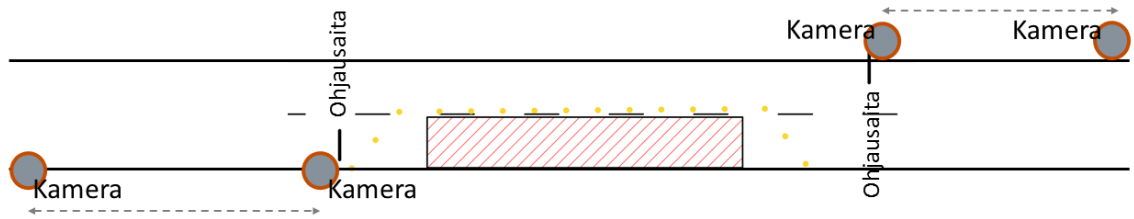
Haastattelujen pohjalta toteutettiin työmaatarkastelu, jonka mittaukset suoritettiin viikoilla 35–36 valtatiellä 13 Lappeenrannassa. Päällystyskohde oli yksiajoratainen maantie,

jonka liikennemäärät päällystettävällä osuudella ovat 2 500–4 000 ajon./vrk ja huippu-tuntiliikennemäärät 300–500 ajon./h riippuen tieosuuden kohdasta (Väylä 2019a, Liikennemääriä). Kohteen pituus oli noin 26 kilometriä ja päällystystyön kesto kokonaisuudessaan 5 viikkoa. Päällystystyö tehtiin päivätyönä ja kohteessa oli käytössä saattoauto. Päällystyskohteen sijainti on esitetty kuvassa 16.



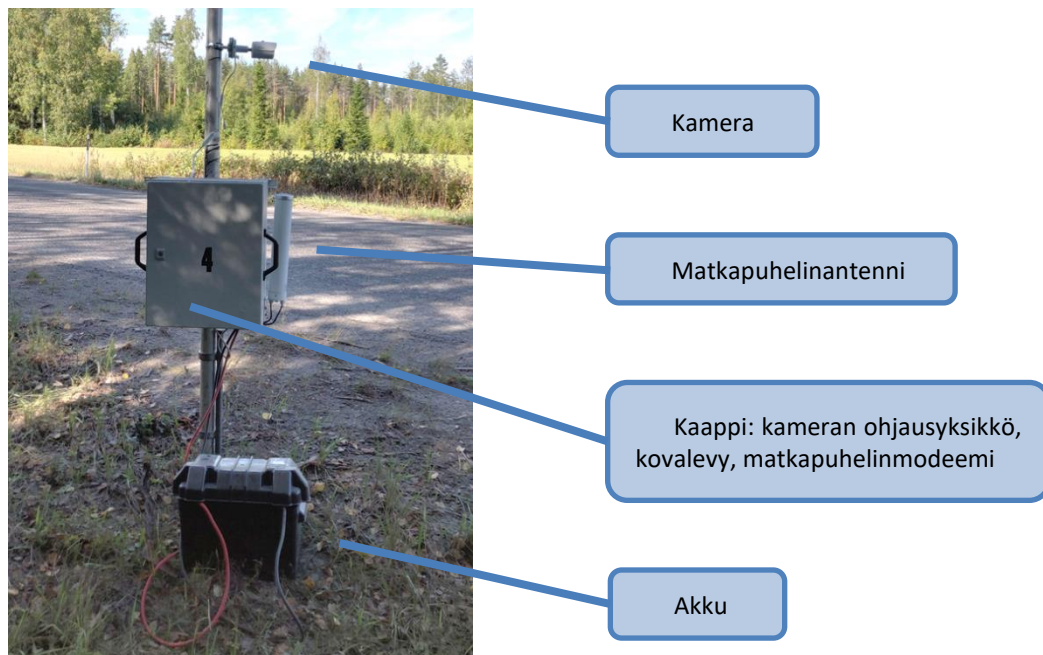
Kuva 16. Päällystettävä tieosuus. (Muokattu lähteestä Väylä 2019b). Mittausten aikana päällystettiin Lappeenrannan suunnassa.

Työmaatarkasteluun valittu sujuvuusmittari perustui yksittäisten ajoneuvojen matka-aikoihin. Mittauksen tavoitteena oli tutkia ajoneuvojen matka-aikojen vaihtelua työmaalla sekä toteutunutta matka-aikaa kahteen vertailutilanteeseen: laskennallinen matka-aika tieosuudella "normaalitilanteessa" ilman tietyömaata sekä laskennallinen matka-aika vastaavassa tilanteessa. Lisäksi tuloksia olisi verrattu Tienrakennustyömaat-ohjeessa (Liikennevirasto 2017b) esitettyihin, kuvassa 15 esitettyihin simuloinnein saatuihin viivytksiin. Sujuvuuden koostuessa monista tekijöistä, pyrittiin mittaamaan useampaa muutujaa, joiden yhteistuloksena voitaisiin arvioida myös viivytyksen syitä. Kaikkia tekijöitä ei työn puitteissa pystytty huomioimaan, eikä se ollut tarkoituksenakaan. Mittaustulosten analysoinnissa huomioitavia, mittauksen aikana muuttuvia ja viivytykseen mahdollisesti vaikuttavia asioita ovat kohteen sijainti tieosuudella ja siihen liittyen lähellä olevat liittymät ja asutus sekä liikennemäärän vaihtelut eri vuorokaudenaikoina ja viikonpäivinä. Mittauksesta rajattiin tietoisesti pois työmaanaikainen ympärivuorokautinen liikenteenlaskenta sekä liikennevaloihin ensimmäisenä saapuvan ajoneuvon pysähtymisaika. Kuvassa 17 on esitetty mittausjärjestelyjen toteutustapa karkeasti.



Kuva 17. Työmaan luonteen karkea kuvaus ja kameroiden sijoittelu.

Mittausjärjestelyjen toteutus tilattiin ohjelmisto- ja tietopalveluyritykseltä Autori Oy. Toteutuksen suunnittelu sisältyi diplomityöhön. Suunnittelussa olivat tiiviisti mukana Tuomas Vasama tilaajan edustajana ja Autori Oy:n edustaja. Menetelmänä käytettiin ajoneuvontunnistusta. Mittaus toteutettiin neljällä videokameralla, joiden videokuvasta oli konenäköön perustuvan kuvatulkin avulla tarkoitus yksilöidä ajoneuvot rekisterikilventunnistusmenetelmällä. Konenäkö on kuvan analysointia koneellisesti, jonka taustalla vaikuttavat analysoinnille muodostetut erilaisten määrittelyjen kautta asetetut algoritmit. Yhden kameras oli tarkoitus tunnistaa kummankin suunnan ajoneuvot. Kuva 18 on mittauskohteena olleelta työmaalta ja siinä on kuvattu käytössä ollut mittauslaitteisto.



Kuva 18. Työmaakohteessa käytetty mittaustekniikka. Mittaustekniikka on kiinnitetty työnaikaiseen liikennemerkkiin.

Yksittäisen ajoneuvon ohittaessa kameras, kameras tulisi rekisteröidä kellonaika ja yksilöidä ajoneuvo. Kameroiden tietylle ajoneuvolle tallentamien havaintoaikojen perusteella voidaan muodostaa ajoneuvon matka-aika mittauspisteiden välillä. Matka-ajan lisäksi oleellista on kameroiden välinen tielinjan mukainen etäisyys, koska ajoneuvon viivytys on voimakkaasti riippuvainen kaistavarauksen pituudesta ja päällystystyömaalla

kaistavarauksen pituus vaihtelee paljon. Tältä pohjalta mittauksessa kerättiin seuraavia tietoja:

- kellonaika, jolloin yksittäinen ajoneuvo ohittaa kameran
- kameroiden sijainti tieosoitteeseen sidottuna.

Jotkut urakoitsijat käyttävät kohteissaan Autorin kehittämää ja ylläpitämää liikennemerkkipäiväkirja-sovellusta työnseurantaan. Kameroiden sijaintitieto oli mittauksessa tarkoitus kirjata manuaalisesti sovelluksen avulla. Kirjaus tehdään kännykän avulla ja perustuu oletukseen, että kännykän sijainti on kirjaushetkellä sama kuin siihen kirjattavan liikennemerkkin. Näin ollen sovelluksen tallentama kännykän sijaintitieto rekisteröityy liikennemerkkin sijaintitiedoksi ja se sidotaan tieosoiteverkkoon. Kuvassa 19 on työmaan liikenteenohjaus- ja mittauskalustoa. Kuvasta voidaan nähdä kameroiden sijoittelu liikennemerkkeihin ja liikenteenohjausaitoihin.



Kuva 19. Kuvia mittauksen toteutuksesta valtatiellä 13.

Mittausjärjestelyt olivat työmaalla kahden viikon ajan päällystystöiden ollessa käynnissä. Videokuvamateriaalia kertyi kahdeksalta päivältä, koska päällystystöitä ei tehty perjantaisin eikä viikonloppuisin. Mittausdataa pystyttiin lataamaan etänä pieniä määriä, mitä käytettiin laadunvarmistuksessa. Tulokset saatiin konenäköanalyysiin kokonaisuudessaan vasta mittauksen loputtua ja laatu osoittautui käyttökelvottomaksi. Näin ollen työn mittaustudkimus kutistui vain tutkimuksen suorittamisen kuvaukseen ja tutkimuksen arviointiin.

Puutteita mittausjärjestelyjen toteutuksessa olivat pysäytysajan sekä ympärivuorokautisen liikennemäärän mittaamisen puuttuminen. Viivytysten syitä selvitettyä oleellista olisi saada tietoon yksittäisen ajoneuvon suurin pysäytysaika, jota ei saatu käytössä olevalla laitteistolla tässä tapauksessa toteutettua. Varsinaisesti viivytysmittaustuloksiin pysäytysajan tutkimisella ei kuitenkaan ole vaikutusta. Selkeä puute lähtötiedoissa oli kohteen mittaustenaikaisten vuorokausiliikennemäärien puuttuminen. Niitä vasten ajoneuvontunnistuksen luotettavuudesta voidaan saada varmistusta, kun perinteisen liikennemittauksen liikennemääriä voidaan verrata videokameralla tunnistettujen ajoneuvojen määrään. Jonkinlaista laadunvarmistusta voidaan tehdä myös eri videokameroiden tunnistamien ajoneuvojen määriä vertailemalla. Tuloksia saattavat sekoittaa tietyömaakalustoon kuuluvat ajoneuvot, mutta kuvantulkinnan ollessa luotettavaa ne voidaan erottaa läpikulkevasta liikenteestä. Pysäytysajan ja liikennemäärien mittausta lukuun ottamatta puutteet ja epävarmuustekijät mittausten toteuttamisessa liittyivät teknisiin asioihin.

Epävarmuustekijöitä toteutetun kaltaisessa mittaustutkimuksessa ovat mittauslaitteiston toimivuus ja oikeanlainen käyttö. Kamerajärjestelmä ja videokuvan tuottaminen tarvitsee virtaa. Säätila, liikenteen määrä ja kameran asennustapa vaikuttavat videokuvan ja sitä kautta myös kuvantulkinnan laatuun. Virransyöttö toteutettiin kahdella isolla akulla, jotka vaihdettiin parin päivän välein, että kamerasta ei lopu virta kesken mittausten. Työmaahenkilöstön vastuulla ollut kameran kohdistaminen onnistui Autorin videokuvan pohjalta tekemän laadunarvioinnin perusteella mittauskohteessa kohtuullisen hyvin. Täysin optimaaliseksi kohdistus on vaikeaa saada, kun kyse kameroiden runsaasta siirtelystä sekä useiden henkilöiden tekemästä manuaalisesta työstä. Säätila aiheutti kuvantulkintaan ongelmia aamulla ja illalla auringon paistaessa matalalta. Kameraa vastaan paistava aurinko häikäisi ja huononsi videokuvan laatua, kun taas ajoneuvoja vastaan paistava aurinko valaisi rekisterikilven niin kirkkaaksi, että rekisterikilpeä ei voitu tunnistaa. Tunnistustarkkuuden parantamiseksi tulisi Autorin edustajan mukaan tulkita myös joitakin muita ajoneuvon ominaisuuksia kuten väriä. Yhden videokameran oli tarkoitus tunnistaa kummankin kaistan ajoneuvot, mutta kamerasta kauemman kaistan kuvantulkintaan videokuvan laatu ei riittänyt edellä mainittujen epävarmuustekijöiden myötä. Kuvantulkintaa vaikeuttaa kahta kaistaa samanaikaisesti kuvattaessa myös se, että sama ajoneuvo tulisi tunnistaa toisessa pisteessä edestä ja toisessa takaa. Ajoneuvoyhdistelmien tapauksessa edessä ja takana olevat rekisterinumerot poikkeavat toisistaan. Yhdistelmiä on tavallisesti kuitenkin vain murto-osa liikenteestä, joten ne on mahdollista saada tunnistettua ajoneuvovirrasta, vaikka rekisterinumerot eivät täsmääkään.

Toteutettujen mittausten perusteella suurin parannustarve kohdistuu videokuvan sekä kuvantulkinnan laadun parantamiseen. Laadun parantamisessa oleellisin on konenäön parantaminen analyysissa käytettäviä algoritmeja muokkaamalla ja parantamalla. Tämä tarkoittaa videokuvasta koneellisesti tehtävien tulkintojen tarkentamista. Luotettavampaan kuva-analyysiin voidaan päästä myös käyttämällä paremman kuvanlaadun kameroita. Tässä mittauksessa käytettiin HD-resoluution kameroita.

Liikennemerkkipäiväkirjan merkinnät osoittautuivat Autorin laaduntarkistuksessa monilta osin virheelliseksi. Manuaalisesti videokuvan perusteella paikannetun kameran ja liikennemerkkipäiväkirjaan tehdyn merkinnän sijainnit eivät täsmänneet ja liikennemerkkipäiväkirjan merkintöjen huomattiin olevan hyvin epäluotettavia. Jos mittaustuloksia olisi päästy analysoimaan, olisi kameroiden sijaintitiedot jouduttu todennäköisesti hakemaan manuaalisella videokuvatulkinnalla. Mittausjärjestelyn kehittämisen kannalta on oleellista pyrkiä vähentämään manuaalista työtä, jotta inhimillisten virheiden todennäköisyyttä saadaan pienemmäksi. Liikennemerkkipäiväkirjan sijaan sijaintitieto voitaisiin kerätä jonkinlaisella liikennemerkkiin ja liikenteenohjausaitaan kiinnitettävällä GPS-paikantimella.

Kun tekniikka saadaan luotettavaksi, voidaan mitattavien suureiden määrää lisätä. Siinä tapauksessa vastaavanlaisia mittauksia toteutettaessa voitaisiin mitata aiemmin mainittuja työmaanaikaista liikennemäärää ympärivuorokautisesti sekä jonon ensimmäisenä olevan ajoneuvon pysähdysaikaa. Ympärivuorokautista liikennemäärien mittausta toteutettaessa voidaan miettiä, olisiko mittaukset mahdollista toteuttaa yhtäaikaaisesti samoilla kameroilla kuin viivytysmittaukset. Tällöin kameroiden tulisi kuitenkin olla toiminnassa ympäri vuorokauden, mikä kasvattaa merkittävästi virrankulutusta ja lisää esimerkiksi ilkvallan tai laitteiston varastamisen riskiä. Toinen vaihtoehto ja yksinkertaisempi tapa olisi toteuttaa mittaus yleisessä liikenteenlaskennassakin tavallisimmin käytettävällä mikroaaltotutkalla (Kiiskilä et al. 2016), mutta tällöinkin joudutaan todennäköisesti tekemään kompromisseja laitteiston sijoittamisessa, minkä lisäksi mittauslaitteiston määrä kasvaa. Päälylystyömaan liikkuvuus aiheuttaa sen, että työmaan läpi kulkevat liikennemäärät voivat vaihdella merkittävästi samassa kohteessa eri kohdassa työskenneltäessä. Jonon ensimmäisen ajoneuvon pysähdysajan automaattinen mittaaminen liikkuvalla tietyömaalla edellyttää lisää selvitys- ja kehitystyötä. Yksi mahdollinen tekniikka on tässä tutkimuksessa matka-aikojen mittaamiseen käytetty videokuvatulkinta. Liikennevalojen punaisen valon palamis aika ei välttämättä ole sama kuin jonon ensimmäisen ajoneuvon pysähdys aika, mutta punaisen valon ajan mittaaminen antaisi todennäköisesti suuntaa viivytyksen syistä, jos pysähdysaikaa ei saada mitattua.

6. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Tässä luvussa kootaan yhteen tutkimuksessa saadut tulokset ja tarkastellaan kuinka ne vastaavat asetettuihin tavoitteisiin. Tavoitteita tarkastellaan tutkimuskysymysten kautta.

Tavoitteiden toteutumisen lisäksi luvussa arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja toistettavuutta sekä esitetään jatkotutkimustarpeet. Mittaukset jäivät tutkimuksessa hieman irralliseksi osioksi, koska luotettavia tuloksia ei saatu. Mittausten arviointi ja jatkotoimenpidetarpeet on pääasiassa raportoitu mittauksia käsittelevässä luvussa 5.4.

6.1 Tavoitteiden toteutuminen

Työn tavoitteena oli tunnistaa tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuustekijöitä. Eri-laisten toimenpiteiden vaikutuksia tietyömaasta aiheutuvan sujuvuushaitan pienentämiseen pyrittiin myös tunnistamaan. Tavoitteena oli löytää keinoja, jotka voitaisiin ottaa heti käyttöön, ovat kohtalaisen helposti ja kustannustehokkaasti toteutettavissa ja parantavat liikenteen sujuvuutta tietyömaalla välittömästi.

Aiemmissa selvityksissä esitetyistä kehitystarpeista ja toimenpidesuosituksista huolimatta tietyömaiden aiheuttamien liikenteellisten haittojen arviointiin ei Suomessa ole tällä hetkellä käytössä systemaattista menetelmää. Osittain systemaattisen menetelmän puuttumisen voidaan olettaa kertovan siitä, että Suomessa liikennemäärät tieverkolla varsinkin Uttamaata lukuun ottamatta ovat maltillisia, eikä ruuhkautuminen ole ollut ongelma, joka vaatisi kiireellisesti toimenpiteitä. Sujuvuus on terminä monitulkintainen ja ja koska se koostuu lukuisista tekijöistä, on sujuvuuden mittaamisen ja yleistettävyyden vaikeus toinen todennäköinen syy mittarin puuttumiseen edelleen aiemmissa tutkimuksissa tunnistetuista tarpeista huolimatta. Työlle asetettujen tavoitteiden toteutumista arvioidaan seuraavaksi tutkimuskysymysten kautta.

Mitkä tekijät vaikuttavat liikenteen sujuvuuteen tietyömaan kohdalla?

Tienpitäjä asettaa raamit ohjeistuksin ja vaatimuksin tietyön toteuttamiselle ja siten myös esimerkiksi kohteen liikennejärjestelyille. Toteutuksesta vastaa viime kädessä urakoitsija ja tilaaja huolehtii urakoitsijan toiminnan tarkoituksen- ja vaatimustenmukaisuudesta. Tienkäyttäjien toimintaan voidaan vaikuttaa tiedottamisen ja tietyökohteen liikennejärjestelyjen kautta.

Liikenteen sujuvuuteen tietyömaan kohdalla vaikuttavat tekijät voidaan jakaa tienkäyttäjistä, tienpitoviranomaisesta ja työn toteuttajasta sekä olosuhteista riippuviin tekijöihin.

Tienkäyttäjistä viime kädessä riippuvia tekijöitä ovat liikennetekijät kuten liikennemäärä, liikenteen koostumus ja sen vaihtelu sekä ajokäyttäytyminen, johon kuuluu muun muassa ajoneuvon nopeus ja liikennejärjestelyjen noudattaminen. Tienpitoviranomainen ja työn toteuttaja vastaavat häiriön suuruudesta ja kestosta määrittelemällä pitkälti työmaan kokonaiskeston, työskentelyajat sekä työnaikaisten liikennejärjestelyjen ja liikenteenohjauksen toteutuksen. Olosuhdetekijöihin luetaan sää ja keli sekä tien staattiset ominaisuudet kuten tietyyppi ja osuudella olevat liittymät. Olosuhdetekijöillä tarkoitetaan kohteen ominaisuuksia, joihin työmaata toteutettaessa ei voida vaikuttaa.

Mitä tietoa liikenteen sujuvuuden arvioimiseksi tietyömaan kohdalla tarvitaan? Kuinka tätä tietoa voidaan tuottaa?

Tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden arvioimiseksi tarvittava tieto riippuu käytettävästä näkökulmasta. Oleellisia näkökulmia ovat objektiivinen ja subjektiivinen sujuvuus. Tietoa objektiivisesta sujuvuudesta voidaan tuottaa erilaisin mittauksin, jolloin tulokset ovat tietyssä kohteessa tietyllä ajanhetkellä absoluuttisia. Subjektiivinen sujuvuus on tienkäyttäjän kokemus sujuvuuden tasosta ja siihen vaikuttaa vahvasti tienkäyttäjakohtaiset taustatekijät kuten matkan tarkoitus ja odotukset.

Tietoa objektiivisesta sujuvuudesta voidaan tuottaa mittaamalla sujuvuustekijöitä tai raportoimalla havaintoja. Hyvän käsityksen sujuvuushaitan suuruudesta antaa viivytystieto. Viivytystiedon tuottamiseksi tulee mitata matka-aika tietyömaan kohdalla ja verrata sitä joko teoreettiseen tai mitattuun vertailutasona toimivaan normaalitilanteeseen. Sujuvuutta voidaan arvioida myös mittaamalla matkanopeutta, liikennemääriä ja olosuhdetekijöitä. Subjektiivisen eli tienkäyttäjien kokeman sujuvuuden toteutumista voidaan selvittää haastatteluin ja kyselyin esimerkiksi tavoitenopeutta tai -aikaa selvittämällä. Jossain määrin tienkäyttäjien kokemuksesta voidaan tehdä arvioita myös kohteessa esiintyvän vaarallisen ajokäyttäytymisen vakavuuden tai yleisyyden sekä kohteeseen liittyvän palautteen ja sen määrän pohjalta.

PÄÄKYSYMYS: Millaisilla keinoilla liikenteen sujuvuutta tietyömailla voidaan parantaa?

Tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta voidaan parantaa joko tienkäyttäjän, tienpitoviranomaisen tai tietyön toteuttajan toimintaan vaikuttavilla keinoilla. Keinot voivat kohdistua sopimus- ja tilauskäytäntöihin, työmaan käytännön toteutukseen tai tienkäyttäjien tietämyksen parantamiseen. Sujuvuustekijöihin vaikuttamalla voidaan vaikuttaa

myös sujuvuuteen. Sujuvuustekijöiden ominaisuuksia muuttamalla vaikutetaan sujuvuuteen positiivisesti tai negatiivisesti. Karkeasti tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta voidaan parantaa seuraavin keinoin:

- työmaan keston lyhentäminen
- kohteen liikennemäärien vähentäminen
- pysäytysten vähentäminen ja/tai niiden keston lyhentäminen
- ajokäyttäytymiseen vaikuttaminen
- tiedon tarjoaminen tienkäyttäjälle.

Sujuvuustekijöihin vaikuttavilla keinoilla on vaikutuksia lisäksi työntekijöiden turvallisuuteen, liikenneturvallisuuteen, työn kustannuksiin ja sitä kautta tuottavuuteen sekä ympäristön liiketoimintoihin ja asukkaiden liikkumiseen. Vaikutuksia tulee tarkastella kokonaisuutena keinojen toteutusta mietittäessä. Liitteessä E on esitetty luvussa 4 käsiteltyjen ratkaisujen tuomia hyötyjä työntekijöiden ja liikenteen turvallisuuteen sekä tuottavuuteen. Aiemmissa selvityksissä on ehdotettu hyviä, kustannustehokkaitakin toimenpiteitä, mutta sujuvuuden osalta kovin paljon ei näytä tapahtuneen. Vaikka sujuvuutta on mahdollista parantaa myös kustannustehokkaasti, on kyse kuitenkin myös siitä, mihin tienpiitoon varattua rahoitusta halutaan kohdistaa. Tienpitorahoituksen ollessa riittämätön tarvittaviin kunnossapitotoimenpiteisiin, on ymmärrettävää, että liikenteen sujuvuus tietyömailla ei ole ensimmäisenä toimijoiden intresseissä. Sujuvuushaitan vähentäminen ei kuitenkaan välttämättä tarkoita kustannusten kasvua.

Millaisia parannustarpeita alan toimijat näkevät tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuudessa?

Alan toimijoiden näkemysten kartoittamiseksi toteutettuja haastatteluja oli niin vähän, että niistä saatuja tuloksia ei voida yleistää koskemaan alan toimijoita yleisesti. Haastattelut toimijat kokevat, että varsinaista tarvetta tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden parantamiseksi ei ole, vaikka sujuvuutta parantavia ratkaisuja tuotiin esiin. Selkeimmät kehitystoiveet koskivat tilaajan toimintatapoja ja sopimuskäytäntöjä, joita kehittämällä urakoitsijan tuottavuus paranisi ja työn tekeminen helpottuisi. Kehittämällä olisi parhaassa tapauksessa vaikutuksia välillisesti myös liikenteen sujuvuuteen. Vaikutukset voivat näkyä työmaan kokonaiskeston lyhentymisenä tai alueellisten erojen yhtenäistymisenä esimerkiksi yötyöksi määrättävien kohteiden osalta.

Vähiten tietyömaan läpi kulkevalle liikenteelle aiheutuu sujuvuushaittaa tekemällä tien kapasiteettia alentava työ yöllä hiljaisen liikenteen aikaan. Urakoitsijoiden toive yötöiden vähentämisestä oli kuitenkin haastatteluissa selkeä. Urakoitsijat valitsisivat yksimielisesti

nykyistä useammin mieluummin liikenteen sujuvuuden heikkenemisen päiväsaikaan kuin työntekijöitä kuormittavan ja turvallisuusriskejä sisältävän yötyön.

Millainen voisi olla tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta kuvaava mittari, jolla voitaisiin sitouttaa urakoitsijat paremmin ylläpitämään liikenteen sujuvuutta työmaan aikana?

Aiemmin laadituissa tietyömaiden sujuvuutta koskevissa selvityksissä sujuvuutta on arvioitu ajoneuvojen piste- ja matkanopeuden, nopeuden vaihtelun, välityskyvyn, matka-aikojen ja aikakustannusten kautta. Kattavimmin sujuvuutta kuvaa matka-aika ja sen avulla laskettavat viivytykset.

Urakoitsijoiden sitouttaminen sujuvuuden ylläpitoon onnistuu selkeämpien sujuvuustavoitteiden ja niiden myötä mahdollisen vaatimusten tarkentamisen avulla. Selkeämpien sujuvuustavoitteiden asettaminen edellyttää numeerisen tiedon tuottamista laadullisen arvioinnin tueksi. Erilaisten valtakunnallisten numeeristen raja-arvojen asettaminen esimerkiksi suurimman sallitun viivytyksen osalta vaatii työmailla toteutettuja mittauksia, jotta voidaan selvittää, voidaanko luotettavaa yleistettävissä olevaa mittaria muodostaa. Ilman yleistä mittaria työmaiden sujuvuudelle voidaan kohdekohtaisten ennakkotietojen pohjalta asettaa sujuvuusvaatimukset, joiden toteutumista työmaalla mitattaisiin. Mittaaminen on edellytys sanktio- ja bonuskäytäntöjen kehittämiselle, joka viime kädessä motivoi urakoitsijat toteuttamaan työt vaatimusten ja ohjeiden mukaan.

Tietyömaiden sujuvuutta ei ole mitattu, joten ennen sanktio- ja bonuskäytäntöjen kehittämistä tulisi kehittää mittaustekniikka, joka ei merkittävästi lisää työmaan toteuttamisen kustannuksia eikä työmaahenkilöstön työmäärää. Työn tapaustutkimuksessa pyrittiin selvittämään, voitaisiinko tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuutta arvioida ajoneuvoille aiheutuvien viivytysten avulla. Koejärjestely osoittautui vaillinaiseksi eikä tarpeeksi luotettavia tuloksia analyysiin saatu tuotettua. Näin ollen tämän työn pohjalta ei voida ottaa kantaa sujuvuusmittarin toimivuuteen, mutta työssä toteutettu järjestely voisi joidenkin parannustoimenpiteiden myötä olla toimiva tapa tuottaa mittausdataa ainakin yksittäisellä työmaalla ottamatta kantaa tulosten yleistettävyyteen.

6.2 Tutkimuksen arviointi

Kaiken kaikkiaan tutkimuksen tulokset ovat perusteltuja ja niitä voidaan pitää luotettavina, koska samat asiat toistuivat useammissa kirjallisuuslähteissä sekä haastateltavien puheissa heidän tietämättä toistensa näkemyksiä. Aineistonhankintamenetelminä kirjallisuus- ja haastattelututkimukset tukivat toisiaan erittäin hyvin. Mittaustutkimuksen epäonnistuttua yhteen tutkimuskysymykseen ei pystytty mittaustulosten kautta vastaamaan,

mutta siihenkin pystyttiin jossain määrin ottamaan kantaa kirjallisuuden ja mittaustutkimuksen arvioinnin kautta. Muihin tutkimuskysymyksiin pystyttiin tutkimuksessa vastaamaan hyvin, joskin aineisto rajautui pitkälti Suomen maantieympäristöön. Seuraavassa arvioidaan tutkimuksessa käytettyjen eri aineistonhankintamenetelmien luotettavuutta ja toistettavuutta.

Kirjallisuustutkimus perustui pääosin suomalaisiin lähteisiin. Liikenteen sujuvuuteen työmailla liittyviä tai aihetta sivuavia selvityksiä oli vain muutamia, ne olivat melko vanhoja ja Väylävirasta edeltäneiden organisaatioiden julkaisemia. Tyypiltään lähes kaikki työssä käytetyt julkaisut olivat julkisen organisaation kuten Liikenneviraston tai FHWA:n tilaamia konsulttiselvityksiä eivätkä siten tieteellisesti kovin valideja. Ulkomaalaiset lähteet olivat suurimmaksi osaksi pohjoisamerikkalaisia. Liikenneympäristö ja -kulttuuri poikkeavat Pohjois-Amerikassa Suomen olosuhteista melko paljon eivätkä Yhdysvalloissa tai Kanadassa käytetyt sujuvuutta parantavat keinot välttämättä sovellu sellaiseen Suomen liikenneympäristöön. Käsitteiden sekavuus sekä suomeksi että englanniksi hankaloitti sopivien lähteiden löytämistä sekä eri lähteissä esitettyjen asioiden yhdistelyä.

Haastattelujen merkitys tutkimuksessa oli suuri, koska aiheeseen liittyviä suomalaiset selvitykset ovat melko vanhoja ja aihetta ei ole paljon tutkittu. Uudenmaan ELY-keskukselle, joka toimi työn tilaajana, haastattelut osoittautuivat hyvin arvokkaaksi tietolähteeksi, koska niiden tulosten voidaan olettaa kuvaavan kirjallisia lähteitä paremmin todellista tilannetta. Pieni haastatteluotanta oli perusteltu rajallisten resurssien vuoksi eikä se tämän tyyppisessä, ideoita ja ajatuksia hakevassa tutkimuksessa vähennä tulosten arvoa, vaikka saturaatiota ei saavutettu ja tuloksia ei suoraan voida yleistää koskemaan kaikkia toimijoita tai valtakunnallisia käytäntöjä. Haastatteluissa kuitenkin toistui joitakin asioita, joten pienestä otannasta huolimatta voidaan tulosten ajatella koskevan suurempaa urakoitsijoiden ja tilaajan edustajien joukkoa ainakin joitakin osin.

Vaikka haastateltaviin ei viitattu asiayhteydessä nimillä, täyttä anonymiteettiä ei ole. Tämä on voinut jossain määrin vaikuttaa tuloksiin, mutta esiin tuodut asiat sekä haastateltavien avoimuus ja puheliaisuus puhuvat sen puolesta, että asioita ei juurikaan peitelty tai jätetty tarkoituksellisesti tuomatta esiin. Lähtökohtaisesti tarkoituksena oli tehdä haastattelut yksilöhaastatteluina. Osa haastateltavista kuitenkin aktivoitui itse pyytämään kollegansa tai yhteistyökumppaninsa mukaan. Useamman henkilön osallistuminen yhteen haastatteluun osoittautui hyväksi ratkaisuksi, koska sen koettiin rikastuttavan keskustelua. Yhteishaastatteluissa toisen haastateltavan kommentit selvästi ruokkivat myös toisen ajatustenkulkua, jolloin haastateltavat täydensivät toistensa kommentteja ja tulos oli

todennäköisesti kattavampi kuin olisi ollut yhteishaastattelun osapuolia erikseen haastateltaessa. Tilaajan ja urakoitsijan edustajan osallistuminen samaan keskusteluun ei vaikuttanut rajoittavan näkemysten ja toistensa toimintaan kohdistuvien toiveiden tuomista esiin. Haastateltavilla oli taipumus pysyä vastauksissa yleisellä tasolla, mikä johtui mahdollisesti ennako-oletuksista haastattelijalle riittävästä tiedon määrästä ja laadusta. Toisaalta haastateltaville saattoi myös olla vaikeaa asettua oman roolin ulkopuolelle, jolloin asioiden taustoittaminen saattoi olla vaillinaista. Vastauksia kuitenkin tarkennettiin lisäkysymysten myötä.

Haastatteluissa sujuvuus terminä osoittautui monitulkintaiseksi. Kaikki haastateltavat eivät välttämättä ymmärtäneet sujuvuuden määritelmän laajuutta vaan sujuvuuden parantaminen saatettiin mieltää lähinnä korkeampien ajonopeuksien sallimiseksi. Sujuvuus termin liian kapea tulkinta saattoi rajoittaa haastateltavien ajatuksia, mutta ei kuitenkaan tuota suoranaisesti virheellisiä haastattelutuloksia. Haastatteluteemojen tiukempi raja oli todennäköisesti syventänyt joidenkin teemojen käsittelyä, mutta aiheen laajuus ja tietyömaiden toimintaympäristö huomioiden käytännön tason kartoitus sekä turvallisuuden ja tuottavuudenkin huomioiminen oli keskusteluissa oleellista. Liikenteen sujuvuutta tietyömailla ei voi irrottaa esimerkiksi kustannuksista ja turvallisuudesta. Vaikka turvallisuus- ja tuottavuusasiat menevät jossain määrin ohi tutkimuksen aiheesta, ovat niihin liittyvät haastatteluissa esiin nousseet asiat diplomityön tilaajalle yhtä tärkeitä kuin sujuvuuden parantaminen, ja ne raportoitiin tilaajalle diplomityöstä erillisenä. Haastattelurunko oli toimiva, eivätkä pienet lisäykset tai muutokset teemojen järjestyksessä heikennä tämän kaltaisen tutkimuksen toistettavuutta.

Haastatteluissa käsitellyt teemat olivat kattavat eikä työn aikana noussut esiin mitään teemaa, joka olisi jäänyt käsittelemättä. Kaikkia teemoja olisi kuitenkin voinut syventää ja siten käsitellä kattavammin, mutta aikaresurssit ja esiselvitystyyppinen tutkimus perustelevat aiheen käsittelytarkkuuden. Haastattelujen tulokset ohjasivat vahvasti mittaus-tutkimuksen toteutuksen suunnittelua. Ennakkoon haastatteluista ajateltiin nousevan Suomen olosuhteisiin uusia, konkreettisia liikenteenohjausratkaisuja. Tulokset poikkesivat odotuksista, mutta ovat juuri siksi arvokkaita ja avartavat käsitystä toimijoiden näkemyksistä ja asenteista aiheeseen.

Tapaustudkimuksen suunnittelun haasteena oli ymmärtämättömyys tekniikasta sekä järjestelyn toteuttaminen ensi kertaa. Siksi ei tarkkaan tiedetty, mitä on mahdollista toteuttaa. Vaikka suunnittelussa oli mukana asiantuntijoita, osoittautui tekniikka kompastuskiveksi luotettavien mittaustulosten saamisessa. Koneellinen videokuvan analysointi asetettujen algoritmien kautta ei muutostoimenpiteidenkään jälkeen tässä tutkimuksessa

onnistunut ja siksi tuloksia ei saatu. Mittausjärjestelyt olivat toimivat, joskin liikenteenjärjestelijän käyttämään liikennemerkkipäiväkirjaan tehdyt kirjaukset eivät olleet luotettavia. Pienten järjestelyihin kohdistettavien parannustoimenpiteiden kautta sekä kuvantulkintaa kehittämällä voitaisiin saavuttaa luotettavia tuloksia.

Mittauskohde oli yksittäinen tietyömaa, jonka pohjalta luotettavien tulostenkaan tapauksessa ei voida tehdä yleistyksiä. Jotta tulokset voitaisiin yleistää koskemaan myös muita tietyömaita, tarvitaan tietoa myös muista työmaakohteista ja tulosten vertailua työmaiden välillä. Tarkastelussa käytetty tekninen, objektiivista sujuvuutta mittaava sujuvuusmittari perustui numeeriseen tietoon eikä sellainen huomioi tienkäyttäjän kokemusta.

6.3 Jatkotutkimustarpeet

Tutkimus toimii hyvin esiselvityksenä tarpeellisten toimenpiteiden tunnistamiseen, jotta liikenteen sujuvuutta tietyömailla voidaan parantaa. Seuraavia toimenpiteitä ovat nykyisten käytössä olevien tai joskus käytettyjen keinojen tehostaminen, uusien keinojen selvittäminen, mittaamisen lisääminen työmailla sekä sujuvuuden nykyistä parempi raportointi.

Tärkeää uusien keinojen käyttöönotossa tai työssä tunnistettujen keinojen käytön lisäämisessä on niiden vaikutusten selvittäminen kokonaisvaltaisesti niin sujuvuuden, turvallisuuden kuin kustannusten ja henkilöresurssien osalta. Selvitystulosten avulla ratkaisun käyttäminen tai poisjättäminen olisi perusteltua ja läpinäkyvää. Vaikutusten kokonaisvaltainen selvittäminen edellyttää toimijoiden näkemysten tueksi myös mittaustietoa. Kansainvälisten julkaisujen tarkempi tutkiminen voisi antaa perusteluja eikä perustelujen saamiseksi ole kaikkien ratkaisujen kohdalla tarvetta tehdä omia mittauksia.

Mittaamisen lisääminen työmailla auttaa toimien yhdenmukaistamisessa sekä pidemmällä aikavälillä sujuvuusmittarin kehittämisessä. Mittaamisen yhtenä tarkoituksena on myös pystyä osoittamaan erilaisin toimenpitein saavutettava sujuvuushyöty. Valtakunnallisen tietyömaiden läpi kulkevalle liikenteelle muodostettavan sujuvuusmittarin kehittämisessä olennaisia kysymyksiä ovat:

- Kuinka yksilöllisiä tietyömaat ovat? Missä määrin niitä voi vertailla keskenään?
- Missä määrin eri työmailla toteutettujen mittausten tulokset ovat vertailukelpoisia?
- Voitaaisiinko työmaille muodostaa sujuvuusmittariin pohjautuva palvelutasojärjestelmä/luokittelu, jonka perusteella vaatimukset (esim. liikennemäärin perustuen) työmaan sujuvuudelle voitaisiin asettaa?

Kehitettäessä liikenteen sujuvuutta maanteiden tietyömailla tärkeää on maanteiden tienpitäjän, Väyläviraston, sekä alueellisten tienpitoviranomaisten, ELY-keskusten, säännöllinen vuoropuhelu urakoitsijoiden ja tienkäyttäjien kanssa. Oleellista on, että kaikki toimijat ymmärtävät mahdollisimman pienen sujuvuushäiriön tärkeyden ja ovat valmiita sitoutumaan tekemään asioita sujuvuushäiriön minimoimiseksi. Oleellista on myös korostaa, että sujuvuutta ei ole tarkoitus asettaa priorisoinnissa turvallisuuden tai kustannusten edelle, vaan tavoitteena on toteutuksen kokonaisoptimointi, jossa sujuvuuden painoarvoa voidaan nykyisestä jossain määrin korottaa. Tavoiteltavat toimenpiteet ovat tietyön kokonaistarkastelun kannalta edullisia eli sujuvuushaitan pienentämiseen tähtäävällä toimenpiteellä ei esimerkiksi heikennetä työntekijöiden turvallisuutta eikä ole kohtuuttoman kallis.

Tienkäyttäjien ajatukset ja kokemukset tietyömaista ovat arvokkaita sujuvuuden arvioimisessa ja sen kehittämisessä. Tienkäyttäjien kokemusten selvittämiseksi voidaan haastatella eri tienkäyttäjryhmiä. Tietyömaan läheisyydessä toteutettavien kyselyiden avulla voidaan kartoittaa satunnaisten tienkäyttäjien näkemyksiä. Myös lähistöllä asuvilta voidaan saada havaintoja työmaasta sujuvuuden lisäksi laajemminkin. Kokemusten selvittäminen on tärkeää, jotta työmaan sujuvuudelle mahdollisesti kehitettävä mittari vastaisi mahdollisimman hyvin tienkäyttäjien kokemusta.

LÄHTEET

Bergholm, M. (2019). Tuotepäällikkö, liikennetekniikka, Trafino, Vantaa. Sähköpostiviesti 25.10.2019.

Debnath A.K., Blackman R. & Haworth N. (2016). On the Speed Reduction Potential of Pilot Vehicle Use in Work Zones, verkkojulkaisu. Road and Transport Research, Vol 25, Issue 1. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): <https://eprints.qut.edu.au/98543/3/98543.pdf>

Elpac. (2019a). Liikennevalot, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 3.10.2019): <https://elpac.fi/fi/tuote-osasto/varoitustarvikkeet/ohjauslaitteet/liikennevalot-ohjauslaitteet/>

Elpac. (2019b). Nopeusnäytöt, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2019): <https://elpac.fi/fi/tuote-osasto/varoitustarvikkeet/tie-ja-kiinteistotarvikkeet/nopeusnaytot-tie-ja-kiinteistotarvikkeet/>

ELY-keskus. (2018). Liikenteen hallinta, verkkosivu, päivitetty 15.1.2018. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/liikenteen-hallinta>

ELY-keskus. (2019a). ELY-keskukset, verkkosivu, päivitetty 8.1.2019. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/ely-keskukset>

ELY-keskus. (2019b). Kunnossapito, verkkosivu, päivitetty 3.1.2019. Saatavissa (viitattu 10.7.2019): <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/kunnossapito2>

ELY-keskus. (2019c). Liikenne, verkkosivu, päivitetty 28.8.2019. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/liikenne>

Fabema. (2019). Traffic control mobile solutions, Fabema COM/FA-1000, COM, EURO 2000 Radio Controlled Traffic Lights. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): http://www.fabema.de/uploads/downloads/FABEMA_Radio_Controlled_Traffic_Lights_WEB_EN.pdf

Falocchchio J.C. & Levinson H.S. (2015). Managing Nonrecurring Congestion, Road Traffic Congestion: A Concise Guide. Springer Tracts on Transportation and Traffic, vol 7. Springer, Cham. Rajoitettu saatavuus (viitattu 24.7.2019): https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1007/978-3-319-15165-6_15

FHWA. (2019a). Intelligent Transportation Systems (ITS) & Technology, verkkosivu, päivitetty 10.4.2019. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): <https://ops.fhwa.dot.gov/WZ/its/index.htm>

FHWA 1. (2019b). Smarter Work Zones, verkkosivu, päivitetty 14.2.2019. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): <https://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/edc-3/swz.cfm>

Goebel A. & Suvanto T. Liikenteen ja väylänpidon vaikutusten arviointi. Luku 5 teoksessa RIL 165-1 Liikenne ja väylät I. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Hakola, T. (2018). Asfalttialan yötöiden vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin ja turvallisuuteen, loppuraportti. Työterveyslaitos, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 2.9.2019): <http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tyoturvaluus/asfalttialan-yotoiden-vaikutukset.pdf>

Harju M., Penttinen M. & Laine A. (2013). Törmäysvaimentimen käytön hyödyllisyys liikenne- ja työturvallisuuden näkökulmasta – Tiemerkintä- ja valaistusurakat. Liikennevirasto, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lr_2013_tormaysvaimentimen_kayton_web.pdf

INFRA ry. (2019a) Kommentteja "Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt"-ohjeeseen, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): http://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/ja-ostot-ja-valiokunnat/kunnossapitojaosto/2019/3_infra_komentit_liikenne_tietymaalla_kunnossapitotyot_5_4_2019.pdf

INFRA ry. (2019b). Yötyö on työturvallisuusriski asfalttitoissa, tiedote, julkaistu 16.5.2019. Saatavissa (viitattu 27.8.2019): <https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Ajankohtaista/tiedotteet2-kansio/2019/yotyö-on-työturvallisuusriski-asfalttitoissa/>

Innamaa S. & Pursula M. (2002). Automaattiset liikenteen ohjaus- ja tiedotusjärjestelmät. Järjestelmien rakenne ja toiminta. Tiehallinto, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 23/2002. Saatavissa (viitattu 24.7.2019): http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke3/Automaattiset_liikenteen_ohjaus_ja_tiedotusjarjestelmat.pdf

ITE, Wolshon B. & Pande A. (2016). Traffic engineering handbook. Wiley.

Kalliokoski A., Ristikartano J., Vitikka H. & Tervonen J. (2004). Tietyömaiden ja muiden tieliikenteen häiriötilanteiden vaikutukset. Tiehallinto, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 34/2004. Saatavissa (viitattu 15.7.2019): <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200884-vtietyomjamuiden-tieliikhair.pdf>

Kiiskilä K., Tuominen J. & Saastamoinen K. (2016). Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä – Päivitetty järjestelmänkuvaus. Liikennevirasto, verkkojulkaisu. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2016. Saatavissa (viitattu 27.8.2019): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/124141/lts_2016-36_978-952-317-289-0.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kiljunen M. & Summala H. (1998) Liikenteen sujuvuuden kokeminen kaksikaistaisilla teillä eri ajo-oloissa. Tielaitos, Keskushallinto, verkkojulkaisu. Tielaitoksen selvityksiä 9/1998. Saatavissa (viitattu 24.7.2019): <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138830/4035tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kosonen I. & Kulmala R. (2004). DigiTraffic – Liikenteen mallinnus- ja palvelujärjestelmä, esiselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriö. VTT Rakennus- ja ympäristötekniikka, verkkojulkaisu. FITS-julkaisuja 30/2004. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke3/FITS_30.pdf

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016 § 93 Kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen valinta. Finlex. Saatavissa (viitattu 17.9.2019): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397#Pidp447734720>

Laki liikennejärjestelmästä ja maanteistä 23.6.2005/503 §100–§101. Finlex. Saatavissa (viitattu 20.9.2019): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503>

Liikennevirasto. (2013a). Liikenne tietyömailla – Tienpitoajoneuvot, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 40/2013. Saatavissa (viitattu 30.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-40_tienpitoajoneuvot_web.pdf

Liikennevirasto. (2013b). Tieliikenteen toimivuuden arviointi, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 36/2013. Saatavissa (viitattu 15.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-36_tieliikenteen_toimivuuden_web.pdf

Liikennevirasto. (2013c). Tien poikkileikkauksen suunnittelu, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 29/2013. Saatavissa (viitattu 27.8.2019): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121675/lo_2013-29_978-952-255-335-5.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Liikennevirasto. (2014). Tieturva 1 – Tiellä työskentelyn turvallisuuskoulutus, verkkojulkaisu. Liikenneviraston oppaita 3/2014. Saatavissa (viitattu 27.8.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lop_2014-03_tieturva_1_web.pdf

Liikennevirasto. (2015a). Liikenne tietyömaalla – Kunnossapitotyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus teiden kunnossapitotöissä, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 3/2015. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-03_kunnossapitotyot_web.pdf

Liikennevirasto. (2015b). Liikenne tietyömaalla – Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 2/2015. Saatavissa (viitattu 30.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-02_liikenne_tietymaalla_web.pdf

Liikennevirasto. (2015c). Tiemerkintöjen teettäminen, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 5/2015. Saatavissa (viitattu 10.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-05_tiemerkintojen_teettaminen_web.pdf

Liikennevirasto. (2017a). Liikenne tietyömaalla – Päälystys- ja tiemerkintätyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus päälystys- ja tiemerkintätöissä, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 6/2017. Saatavissa (viitattu 19.7.2019): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/130978/lo_2017-06_paallystys_tiemerkintatyot_web.pdf?sequence=4

Liikennevirasto. (2017b). Liikenne tietyömaalla – Tienrakennustyömaat, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 28/2017. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-28_tienrakennustyomaat_web.pdf

Liikennevirasto. (2018a). Liikenne tietyömaalla – Lyhytaikaiset ja luvanvaraiset työt, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 4/2018. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-04_lyhytaikaiset_luvanvaraiset_web.pdf

Liikennevirasto. (2018b). Liikenneviraston tienkäyttäjätyytyväisyystutkimus. Valtakunnallinen raportti – kesä 2018, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/165337/lr%202018_tkt kes%c3%a4_978-952-317-655-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikennevirasto. (2018c). Sulku- ja varoituslaitteet – Laatuvaatimukset ja käyttö, Toteuttamisvaiheen ohjaus, verkkojulkaisu. Liikenneviraston ohjeita 2/2018. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-02_sulku_varoitulaitteet_web.pdf

Luoma S. (1998). Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. Tielaitos, Tiehallinto, liikenteen palvelut, verkkojulkaisu. Tielaitoksen selvityksiä 21/1998. Saatavissa (viitattu 5.7.2019): <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138838/4045tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Luttinen T. (2001). Capacity and Level of Service on Finnish Two-Lane Highways, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 8.7.2019): https://www.researchgate.net/publication/302431760_Capacity_and_Level_of_Service_on_Finnish_Two-Lane_Highways

Luttinen T., Pursula M. & Innamaa S. (2005). Liikennevirran ominaisuudet. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, verkkojulkaisu. Opetusmoniste 15. Saatavissa (viitattu 24.7.2019): https://www.researchgate.net/profile/Tapio_Luttinen/publication/312160236_Liikennevirran_ominaisuudet/links/58735db008ae329d621bcbf4/Liikennevirran-ominaisuudet.pdf

Luttinen, T. (2013). Liikenne- ja tietekniikan perusteet. Aalto-yliopisto, Liikennetekniikka, Opetusmoniste.

Luttrell T., Robinson M., Rephlo J., Haas R., Srour J., Benekahal R., Oh J.S. & Scriba T. (2008). Benefits of Using Intelligent Transportation Systems in Work Zones – A Summary Report. FHWA, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): https://ops.fhwa.dot.gov/wz/its/wz_its_benefits_summ/wz_its_benefits_summ.pdf

Mattila H. (2003). Linkkikohtaisen liikennetilanteen ajantasainen arviointi. Tiehallinto, Liikenteen palvelut, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 61/2003. Saatavissa (viitattu 8.7.2019): http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke3/LILI_Tieh_VALMIS_verkkoversio.pdf

MDOT & Michigan State University. (2003). Field Test of Variable Speed Limits in Work Zones (in Michigan) – Final Report, verkkojulkaisu. FHWA & U.S. Department of Transportation. Saatavissa (viitattu 13.9.2019): https://www.michigan.gov/documents/mdot/MDOT_Research_Report_RC1467_200924_7.pdf

Moilanen, H. (2017). Varo vilunkipelaajaa. INFRA ry. Infra-lehti, No. 1/2017.

Muttillainen J. (2019). Tekninen päällikkö, liikennetuotteet ja liikennemerkkiurakointi, Berg & Sauso Oy, Vaasa. Haastattelu 30.7.2019.

Mäntynen J., Kallberg H., Kalenoja H., Rauhamäki H., Pöllänen M., Luukkonen T. & Karhula K. (2012). Liikennetekniikan perusteet, opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne.

Nevala R., Niittymäki J., Rautio J., Penttinen M. & Rämä P. (2003). Liikenteen palvelutason määritelmiä, tekijöitä ja mittareita – Esiselvitys. Tiehallinto, tekniset palvelut, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 42/2003. Saatavissa (viitattu 5.7.2019): <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200829vliikpalvelutaso.pdf>

Niirikoski M., Laine T. & Metsäranta H. (2008). Tieliikenteen toimivuuden määrittely, tunnusluvut ja mittaaminen. Tiehallinto, Keskushallinto, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 7/2008. Saatavissa (viitattu 8.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/3201088_Tieliikenteen_toimivuuden_maarittely.pdf

Ojala V., Enberg Å. & Luttinen T. (2007). Tieliikenteen palvelutason määrittäminen. Katsaus Euroopan maiden käytäntöihin. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 55/2007. Saatavissa (viitattu 5.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/3201080-vtielikent_palvelutason_maarittam.pdf

Ojala V., Tuovinen P. & Enberg Å. (2007). Ajonopeudet ja välityskyky tietyömaiden kohdilla – Mittaukset kahdessa siltatyökohteessa. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut, verkkojulkaisu. Tiehallinnon selvityksiä 35/2007. Saatavissa (viitattu 16.7.2019): <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/139377/4580tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Olia A., Izadpanah P. & Razavi S. (2012). Construction work zone Traffic Management using Connected Vehicle Systems, verkkojulkaisu. Canadian Society of Civil Engineers 2012 Conference, Edmonton, Alberta. Conference Paper. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): https://www.researchgate.net/publication/280300539_Construction_work_zone_Traffic_Management_using_Connected_Vehicle_Systems

Pant, P. (2017). Smart Work Zone Systems. FHWA, verkkosivu, päivitetty 5.2.2017. Saatavissa (viitattu 11.9.2019): https://ops.fhwa.dot.gov/wz/workshops/accessible/Pant_paper.htm

Parantainen, J. (2002). Tien- ja radanpidon kriittiset palvelutasotekijät. Liikenne- ja viestintäministeriö, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 18.9.2019): http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78388/1_47_2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pellinen T. & Makowska M. (2018). Tutkimus asfalttipäällysteen uusiokäytöstä REMIX-tekniikalla. Aalto-yliopisto, Civil Engineering, Minerals Based Materials Research Group, verkkojulkaisu. Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 3/2018. Saatavissa (viitattu 17.9.2019): <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/32636>

Ramudden. (2019). Käyttöohje, Työmaan liikennevalojärjestelmä MPB 3400, Peter Berghaus GmbH, verkkojulkaisu. Ladattavissa (viitattu 11.9.2019): <http://www.ramudden.fi/Default.aspx?PageID=13156956&A=WebApp&CCID=19222&Page=2&Items=2>

Riffkin M., McMurty T., Heath S. & Saito M. (2008). Variable Speed Limit Signs Effects on Speed and Speed Variation in Work Zones. Utah Department of Transportation Research and Innovation Division, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 20.9.2019): <https://www.udot.utah.gov/main/uconowner.gf?n=7828313631638132>

RIL. (2005). RIL 165-1 Liikenne ja väylät I. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL. (2006). RIL 165-2 Liikenne ja väylät II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Schirokoff A., Silla A., Hänninen S., Kallberg V. & Askola H. (2013). Liikenteen hallinnan vaikutukset tie-, rautatie- ja meriliikenteessä. VTT, verkkojulkaisu. VTT Technology 111. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T111.pdf>

Sroka R. (2002) Multisensing in Road Traffic Measurements. In: Hyder A.K., Shahbazian E., Waltz E. (eds) Multisensor Fusion. NATO Science Series (Series II: Mathematics, Physics and Chemistry), vol 70. Springer, Dordrecht, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 15.7.2019): https://doi.org/10.1007/978-94-010-0556-2_35

Tielaitos. (1997). Päälysteiden suunnittelu. Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 10.7.2019): https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/paallysteiden_suunnittelu.pdf

Tielaitos. (1999). Liikenteen sujuvuus tietyömaalla. Tiehallinto, Uudenmaan tiepiiri. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 44/1999.

Tielaitos. (2000). Tietyömaiden liikennehaittojen arviointi – S12 Pääteiden parantamisratkaisut. Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka, verkkojulkaisu. Tielaitoksen selvityksiä 14/2000. Saatavissa (viitattu 24.7.2019): <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138933/4137tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tieliikennelaki 10.8.2018/729. Finlex. Saatavissa (viitattu 17.9.2019): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=tieliikennelaki>

TMFG. (2019a). ITM Finland - Älykästä tieliikennettä, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://tmfg.fi/fi/road>

TMFG. (2019). Liikennetilanne, verkkosivusto. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): <https://liikennetilanne.tmfg.fi/>

Traficom. (2019). Tietoa meistä, verkkosivu, päivitetty 3.6.2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://www.traficom.fi/fi/traficom/tietoa-meista>

Trafikverket, Statens vegvesen, Liikennevirasto. (2018). ITS Terminology – Terms & Definitions. 4th edition, verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 11.6.2019): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lr_2018_its_terminology_web.pdf

Trafino. (2019). Työmaan liikennevalot: MPB 1400 odotusaika-led, MPB 3200 – monipuoliset liikennevalot tutkaohjauksella, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2019): <https://www.trafino.fi/tuote/siirrettavat-liikennevalot/>

TRB. (2000). Highway Capacity Manual (HCM2000). Transportation Research Board.

Uudenmaan ELY-keskus. (2019). Tieverkon kunnossapito, Uudenmaan ELY-keskuksen tienpidon ja liikenteen suunnitelma 2020–2023, Tieverkon kunnossapito, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.8.2019): <https://www.tienpidonsuunnitelma.fi/yhteistyolla-turvallista-ja-sujuvaa-liikennetta/tieverkon-kunnossapito/>

Van Aerde M. & Rakha H. (1995). Multivariate Calibration of Single-Regime Speed-Flow-Density Relationships, verkkojulkaisu. Vehicle Navigation and Information Systems Conference (VNIS). Saatavissa (viitattu 19.7.2019): https://www.researchgate.net/publication/264967527_Multivariate_Calibration_of_Single-Regime_Speed-Flow-Density_Relationships

Väylä. (2017). Harja-järjestelmä tehostaa teiden hoidon laadun seurantaa, verkkosivu, julkaistu 21.3.2017. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): <https://vayla.fi/-/harja-jarjestelma-tehostaa-teiden-hoidon-laadun-seurantaa#.XTmmVflzZhF>

Väylä. (2019a). Latauspalvelu, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.9.2019): <https://julkinen.vayla.fi/oskari/>

Väylä. (2019b). Tiemappi, Väyläviraston extranet, verkkosivu. Rajoitettu saatavuus (viitattu 15.9.2019): <https://extranet.liikennevirasto.fi/tiemappi/>

Väylä. (2019c). Tienpäällystystöiden digitalisaation kehittäminen, verkkosivu, päivitetty 15.7.2019. Saatavissa (viitattu 25.7.2019): <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/tienpaallystystoiden-digitalisaation-kehittaminen#.XTmTBvlzZhF>

LIITE A: HAASTATTELUVAINEISTO

Haastatteluteemat

Taustatiedot

Nykyinen toimenkuva, millaisilta työmailta kokemusta

Liikenne tietyömailla

Nykytila: ohjeistus ja käytännöt

Sujuvuusongelmien ilmeneminen

Kehitystarpeet ja -ideat sujuvuuden parantamiseksi

Pysyvän ja liikkuvan tietyömaan erot sujuvuusnäkökulmasta

Uudenlaiset ratkaisut, käytäntöjen kehittäminen

Tilaajan (ELY) toiminta

Yhteistyö urakoitsijoiden kanssa, panos tietyömaan läpi kulkevan liikenteen sujuvuuden takamiseksi

Sopimuskäytännöt, yhteistyö, tilaajalta saatavat tiedot ja niiden riittävyys, tiedonkulku

Sujuvuustiedon kerääminen & raportointi

Mitä tietoa voidaan kerätä? Tiedon hyödyntäminen jatkossa? Kuka tiedosta voisi hyötyä?

Haastattelu, Muttilainen

Taustatietoja

- Nykyinen toimenkuva
- Kuinka kauan alalla / nykyisessä työtehtävässä? (*aiemmat työtehtävät alalla?*)
- Millaisilta työmailta kokemusta?

Työmaiden liikennevalo-ohjaus

Liikkuvat työmaat

- Valo-ohjaus käsin? Millainen laitteisto käytännössä? Kauko-ohjaus: toimintasäde?
- Käsittääkseni melko karkea tekniikka. Onko monenlaisia sovellutuksia valoihin? Millaisia valoja käytössä? Olisiko valojen tekniikassa kehittämisen varaa/tarvetta?
- Käsiohjaus → pysäytysajan keston vaihtelu. Voitaisiko mitata valojen sisältämän tekniikan kautta tai olisiko mahdollista toteuttaa valojen yhteyteen punaisen valon keston mittausta?

Kiinteät työmaat

- *Nykyisellään ilmeisesti pitkälti yksi ohjelma, jolla mennään koko työmaan ajan. Ohjelmaa ei muuteta kuin oikein spesiaalipäivinä, esim. juhannusliikenne. Tällöinhän valot joudutaan ohjelmoimaan vilkkaimman tunnin & päivän liikenteen mukaan, jolloin välteään liikenteen ruuhkautuminen, mutta muulloin aiheutuu turhaa odottamista liian pitkistä valokierrosta johtuen.*
- Kuinka valoihin voitaisiin toteuttaa useampia ohjelmia?
 - Ohjelman manuaalinen vaihtaminen työmaalla. Ilmeisesti joissakin liikenteellisesti vaativissa kohteissa käytetty, mutta harvinaista?

- Kiinteän jaksotuksen sijaan kellonajan mukaan vaihtuva ohjelma/kierto-aika. Toteuttamismahdollisuudet?
- Langaton verkko ja sen tuomat mahdollisuudet? Valojen ohjelman vaihtaminen etänä?
- Tunnistinvalot
 - *Koska väliaikainen ohjaus, kustannusten vuoksi täytyisi olla tutka-, infrapuna- tm. maanpäällinen ilmainen eikä esim induktiosilmukka.*
 - Onko paljon käytetty?
 - Toimintavarmuus nykyisin? Kritisoitu esim. moottoripyörien tunnistusta, "liian" hiljaisella nopeudella ajavaa ajoneuvoa ei välttämättä tunnisteta.

Haastattelujen haastattelukysymykset

Taustatietoja

- Nykyinen toimenkuva
- Kuinka kauan alalla / nykyisessä työtehtävässä?
- Millaisilta työmailta kokemusta?

Liikenne tietyömailla

Nykyinen ohjeistus:

- Mitä ohjeistusta käytetään? Liikenne tietyömailla -julkaisut?
- Toimiva? Onko jotain turhaa, puuttuuko jotain oleellista? Pitäisikö jotain määritellä tarkemmin?
- Liikennemäärärajat yötyö- ja kiertotievaatimuksille. Ovatko ok vai olisiko tarve päivittää?
 - Joudutaanko yötoita tekemään tai kiertoteitä usein käyttämään? Kuinka usein liikennemäärät niitä edellyttävät?

Nykykäytännöt:

- Liikenteenohjaus tänään:
 - *Käsitys: Työaikaiset liikennejärjestelyt ennakkoon laaditun liikenteenohjaussuunnitelman mukaisesti. Liikennedatata ei kerätä/hyödynnetä reaaliaikaisesti, vaan reaaliaikainen reagointi perustuu liikenteenohjaajan näköhavaintoihin tai esim. työmaakuljetusten kuljettajien antamiin tietoihin.*
 - Miten tiivistäisit nykyisen tavan toteuttaa liikenteenohjaus tietyömailla?
 - (Sujuvuus)erot pysyvän ja liikkuvan tietyömaan välillä?
 - Ovatko käytännöt/keinot kehittyneet viime vuosina? (esim. 5/10 v)
 - Liikennevalo-ohjaus: aikaohjattuja? Onko edellytetty liikennemääriin perustuvaa ohjausta?
- Ennakkosuunnittelu, liikenteen ohjaussuunnitelmat
 - Kuinka liikennejärjestelyjen toimivuus & tarve osataan arvioida? Kuinka sujuvuus varmistetaan?
 - *LIKKUVAT Tarkentava kysymys: millä perusteella urakoitsija heittää liikenteenohjaajien lukumäärän? Voisiko tilaaja määrätä tämän?*
 - Onko tilanteita, että ennakkoon suunniteltua ratkaisua olisi selvä tarve muuttaa? Kuinka helppoa reagoida ja muuttaa järjestelyjä työmaan aikana?
 - Kuinka vastuu sujuvuudesta jakaantuu ELY-keskuksen ja urakoitsijoiden kesken (tilaajahan kuitenkin välittää tietoja ja sillä saattaa olla vaatimuksia järjestelyihin)? Onko yhteistyötä, millaista?
 - Mikä on liikenteenohjauksen ennakkosuunnittelun rooli? Muuttaisiko reaaliaikainen liikennetilanteeseen reagointi ennakkosuunnitteluun kohdistuvia vaatimuksia?
 - Kuinka nykykäytännöt toimivat? Onko keskeisiä ongelmia?
 - **Onko liikenteenohjaajan henkilökohtaiset arviot riskitekijä sujuvuudelle?** (riskitekijöitä inhimilliset virheet: huomion herpaantuminen, arvion oikeellisuus/tasalaatuisuus.) Konkretisoituvatko riskit? Mikä on lopputulos riskien toteutuessa (pahimmassa tapauksessa nokkakolari? Kohteen ruuhkautuminen...)

- Näettekö liikenteen sujuvuutta työmaiden kohdalla ongelmana? Vai onko häiriötilanne mielestänne välttämätön nykyisessä laajuudessa → hyväksyttävä?
 - Esiintyykö sujuvuusongelmia vain suurempien liikennemäärien teillä vai myös alempiluokkaisella, vähäliikenteisemmällä tieverkolla?
 - Millaisella tietyömaalla sujuvuusongelmat konkreettisimpia / pahimpia? (työmaatyyppi, työvaihe, liikennemäärät, tiedotus....)

Sujuvuuden parantaminen

- Millä keinoin sujuvuus taataan tietyömailla? *Avaintekijät suunnittelussa & toteutuksessa*
- Tietyömailla käytettävät keinot kuten vaihtuvat nopeusrajoitukset, saattoauto, infotaulut. Käytössä? Vaikutuksia sujuvuuteen?
 - LIIKKUVAT: Näkemys saattoautoista? Vaaditaanko enemmän vai vähemmän? Miksi? Kuinka suurena hyöty nähdään? Selkeyttää kuitenkin ajojärjestelyjä ja parantaa sitä kautta sujuvuutta kun autoilijoille helpompi ohittaa työmaa.
- Eroavatko liikkuvan ja pysyvän tietyömaan sujuvuuden parantamistarpeet toisistaan? Miten? *(Kummassa sujuvuuden kehittäminen tärkeämpää / helpompaa? Tai nykyinen sujuvuus selkeästi heikompaa?)*
- Nykyisten keinojen kehittäminen tai käyttöönotto laajemmin? Miten?
 - Äkillisiin tilanteisiin (poikkeustilanteet, yllättävät ruuhkat) reagoiminen: reagointinopeus & keinot?
 - Tekniikka, automatiikka? Miten?
 - Onko vaihtuvia nopeusrajoituksia edellytetty usein hankkeessa? Onko niitä käytetty? Jos on:
 - Kokemukset, hyödyt?
 - Millä perusteella nopeusrajoituksia vaihdetaan? Onko sidottu vuorokaudenaikaan vai liikennemääriin?
 - Nykyisten suunnittelutapojen kehittäminen, liikennemäärärajojen muuttaminen?
 - Yhteistyö
 - tiedottamisen parantaminen (osapuolten välillä, tienkäyttäjille) *Tilaaajan vai urakoitsijan vastuulla vai yhteistyöllä? Kuinka hyöty suurin? Parannettavaa? Kuka hoitanut tähän asti?*
- Uudenlaiset ratkaisut: ideoita?
- *(Automatiikka & tekniikka vain tueksi vai voisiko lähitulevaisuudessa olla merkittävässäkin roolissa? Vastuuta ihmiseltä pois, laitteiston luotettavuuden merkitys kasvaa)*
- Liikennemäärätiedot kohdekohtaisesti (ja niiden perusteella määriteltävät työaika-rajat)?
 - Tilaaajan vai urakoitsijoiden tehtävä kerätä?
- Reaaliaikainen tieto? (esim. liikennemäärät, jonopituus)
 - Miten sitä voitaisiin kerätä ja hyödyntää? *(Hyötyä ainakin vaihtuvien nopeusrajoitusten säätelyyn)*

Tilaaajan ja urakoitsijoiden yhteistyö. Tilaaajan panos työmaiden liikenteen sujuvuuden takaamiseksi

- Millaisia sopimuskäytäntöjä urakoitsijoiden ja tilaaajan välillä?
- Millainen sopimus tavallisin liikenteenohjauksen osalta? Aliurakointi?
 - Aliurakoitsijan ja tilaaajan suhde / yhteistyö?
 - TILAAJALLE: Onko tilaaja huomannut eroa toimintatavoissa / urakan hoitamisessa (esim. kommunikaation helppous) riippuen onko pääurakoitsija myös liikennejärjestelyjen toteuttaja vai käyttääkö aliurakoitsijoita?
 - LIIKKUVAT: Onko asfalttifirmoilla omaa liikenteenohjausta vai onko aina aliurakalla?
- Aliurakoitsijan ja urakoitsijan suhde / yhteistyö?
- URAKOITSIJALLE: tiedonkulku: kommentit työmaan aikana, sopimuksessa esitetyt erityisehdot tai mitä ohjetta milloinkin noudatetaan
- Keppi tai porkkana? Onko käytössä? Millaisia keinoja?
 - esim. sanktioita jos liikenteen pysäyttäminen sovittua pidemmäksi ajaksi? *(jos niin kuinka vastuu jakautuu urakoitsijan ja aliurakoitsijan kesken?)*
- Mitä tietoja suunnitteluvaiheessa tarjotaan? Liikennemäärä yms.?
- Onko/olisiko tiedon tuottaminen tilaaajan vastuulla vai voisiko sitä tuottaa myös itse?

- URAKOITSIJALLE: Onko tiedot riittävät vai kaipaisiko vielä jotain tietoa ELY:ltä, jotta voidaan toimia paremmin?
 - Mitä voitaisiin tällöin tehdä eri tavalla? *Missä asioissa muutokset mahdollistaisivat toimimaan eri tavalla?*
- **URAKOITSIJALLE: Onko ELY-keskusten toimintatavoissa / yhteistyössä / lähtötiedoissa selkeitä eroja muihin tilaajiin (kaupungit)?**
- **Onko valvonta riittävää?**

Sujuvuustiedon kerääminen / raportointi

- Tuottaako (ali)urakoitsija tilaajalle tietoa liikenteen sujuvuudesta?
- Mitä tietoa? Miten? (esim. jonopituudet, ongelmat/häiriöt ja niiden ajankohdat, ratkaisutavat ja niiden toimivuus & -nopeus)
- Mikä tieto olisi tarpeen? Mihin sitä tarvitaan?
- Kuinka tietoa tuotetaan / voitaisiin tuottaa?
- Työmäärä (/kustannukset?) jonka tiedon tuottaminen vaatii? Kuinka työmäärä suhteutuu tiedon arvoon?
- Voidaanko / voitaisiinko tietoa hyödyntää muualla?
- Tiedon hyödynnettävyys myöhempiä kohteita ajatellen? Voidaanko tiedon avulla oppia?
- Tiedon laatu: tarkkuus, luotettavuus?
- Onko tiedonkulussa liikaa välikäsiä? Kuka kerää tietoa? Kuka raportoi? Kuka arkistoi? *Kenellä motiivit tiedon keruuseen & myöhempään hyödyntämiseen? Kuinka sitouttaa muut osapuolet?*

Case-tarkastelu

Case 1 (haastattelut 1-4):

Case-tarkastelu toteutetaan kokeilemalla mahdollisia toimenpiteitä työmailla ja tarkastelemalla vaikutuksia.

Työmaakohteina pysyvä & liikkuva. Tarkastelu ennen toimenpiteitä ja niiden jälkeen → vertailu

- ideoita, mitä kannattaisi ensimmäisenä kokeilla?
- Millaisissa heti käyttöön otettavissa case-ratkaisuissa hyöty sujuvuuteen realisoituisi selvimmin?

Case 2 (haastattelu 5):

Koitetään kehittää sujuvuudelle mittari, jonka perusteella kohde- ja päiväkohtaiset työaikarajoitukset voitaisiin asettaa.

- Sujuvuustekijöitä
- Mitä tulee huomioida & mitata, jotta saataisiin toimiva kriteeristö valtakunnallisesti? Kaikille ELY-keskuksille & urakoitsijoille sama toimintamalli

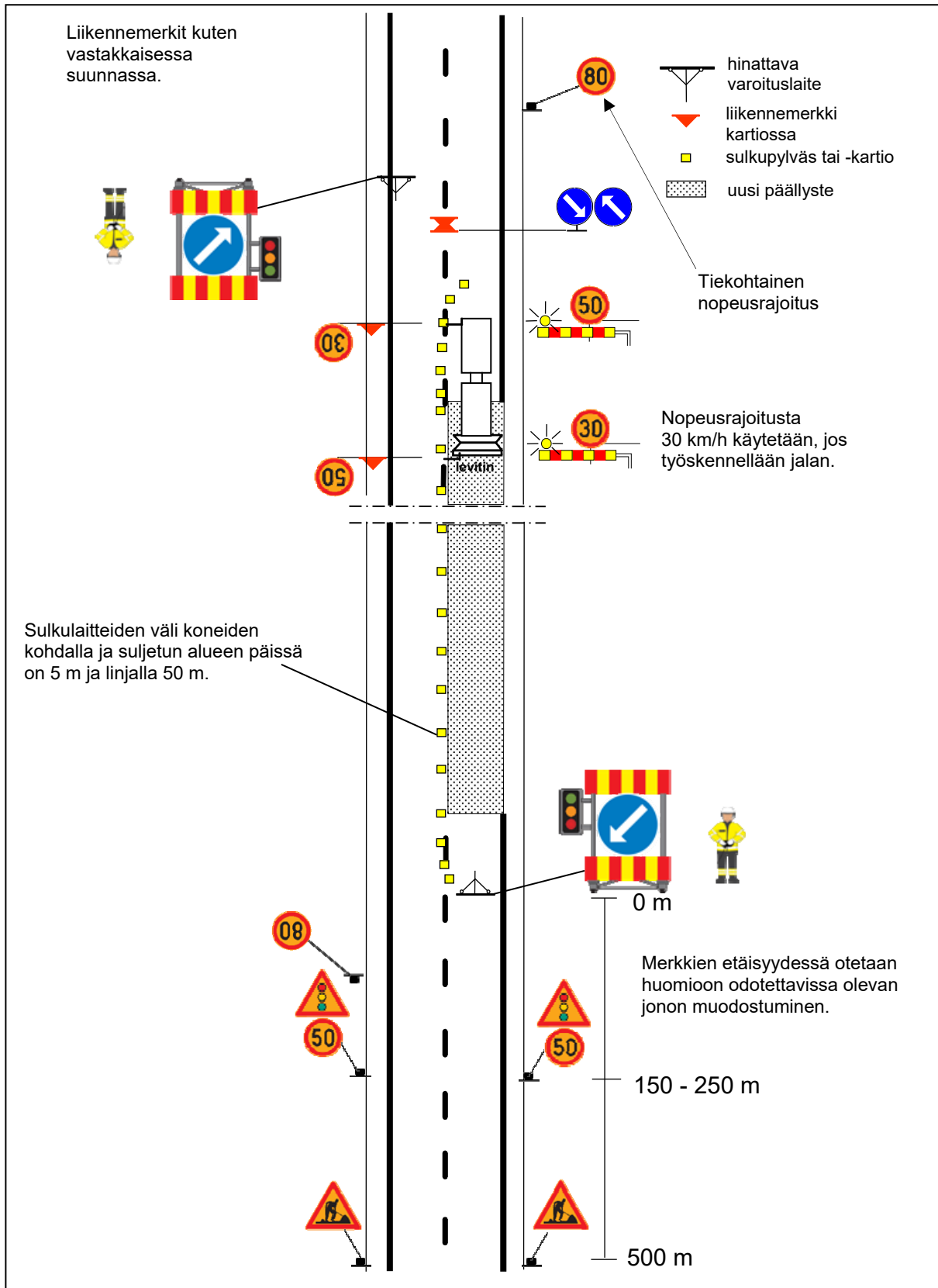
Lopuksi

- Onko jotain vielä mielessä aiheeseen liittyen? Jotain mitä ei käsitelty, jotain tarkennettavaa / korostettavaa?
- Kysyttävää?
- Diplomityössä usein haastatteluista mainitaan haastattelupvm, haastateltavan nimi ja organisaatio. Sopiiko?
- Saako olla yhteydessä jälkeinpäinkin?

LIITE B: ESIMERKKI PÄÄLLYSTYSTYÖMAAN JÄRJESTELYISTÄ

Liite B (1/1)

Yksiajorataisen tien päällystystyö, siirrettävät liikennevalot, nopeusrajoitus korkeintaan 80 km/h



Liite C (1/1)

(Liikennevirasto 2017b, Liite 2)

LIITE D: MAANTEIDEN LIIKENNEMÄÄRÄT KARTALLA



KVL (ajon/vrk)

- alle 1500, vähäliikenteinen
- 1500-6000, normaaliikenteinen
- 6001-15000, vilkasliikenteinen
- yli 15000, erittäin vilkasliikenteinen

Maanteiden keski vuorokausiliikennemäärät (KVL) 2018-2019

(aineisto ladattu 26.7.2019)

SUUNN.	VM	KORK.
TARK.		MK: 1:5 000 000
PVM:	13.9.2019	KARTTA 1



Yksiajorataisen maantien huipputunnin liikennemäärä (ajon./h)

- 500 - 999
- 1000 - 1499
- 1500 - 1999
- 2000 tai yli

Maanteiden huipputuntiliikennemäärät 2018-2019
(Vain yksiajorataiset maantiet, joiden KVL > 1000 ja huipputunnin liikennemäärä > 500 ajon./h)

SUUNN.	VM	KORK.
TARK.		MK. 1:5 000 000
PVM.	25.9.2019	KARTTA 2

LIITE E: HAASTATTELUISSA ESITETTYJEN KEINOJEN VAIKUTUKSIA

Taulukossa käytettävät lyhenteet:

TT = työntekijöiden turvallisuushyödyt

LT = liikenneturvallisuushyödyt

T = tuottavuushyödyt

Työmaan liikennejärjestelyt

Toimenpide	Vaikutukset sujuvuuteen	TT	LT	T
Rampin sulkeminen päällystystyön ajaksi	Työmaan kesto lyhenee, ei liikennettä työmaan läpi. Ei pysäytyksiä, kiertämisestä aiheutuu viivästyksiä.	+		+
TMA-törmäysvaimennin	Väliaikaisten liikennejärjestelyjen nopeampi toteuttaminen saattaa lyhentää työmaasta liikenteelle aiheutuvan haitan kesto.	+	+	
Saattoauto	Liikennevirran tasaantuminen, järjestelyjen selkeytyminen tienkäyttäjille.	+	+	
Nopeusrajoitusten nostaminen työaikojen ulkopuolella manuaalisesti tai digitaalisten nopeusrajoitusmerkkien avulla	Nopeusrajoituksen parempi perusteltavuus: liikennevirran tasaantuminen ja rajoitusten parempi noudattaminen. Liikenteelle aiheutuvien viivytysten pieneminen korkeamman nopeusrajoituksen ollessa voimassa.	(+)	(+)	
Selkeä visuaalinen ilme	Järjestelyjen selkeytyminen tienkäyttäjille: liikennevirran tasaantuminen ja järjestelyjen parempi noudattaminen.	(+)	+	
Liikenteenohjaajien perehdyttäminen	Ohjaamisen selkeys ja optimaaliset pysäytysajat: viivytysten minimointi ja riskikäyttäytymisen väheneminen.	+	(+)	
Reittiohjaus / kiertoreitti	Työmaan läpi kulkeva liikenne vähenee merkittävästi: työmaan toteuttaminen helpottuu, ruuhkautumisriskin pieneminen mahdollistaa laajemmat työskentelyajat. Ei liikenteen pysäytyksiä.	+	(+)	(+)
Moottoritien ajoradan sulkeminen	Sujuvuushaitta suurempi (ainakin toiseen suuntaan), mutta haitan kokonaiskesto lyhyempi.	+		+
Siltatyömaiden liikennevalo-ohjauksen parantaminen	Paremmiin liikennetilannetta vastaava valokierto: viivytysten pieneminen.			

Taulukossa käytettävät lyhenteet:

TT = työntekijöiden turvallisuushyödyt

LT = liikenneturvallisuushyödyt

T = tuottavuushyödyt

Tiedottaminen

Toimenpide	Vaikutukset sujuvuuteen	TT	LT	T
Nopeusnäyttötaulu	Nopeuksien lasku ja mahdollinen liikennevirran tasaantuminen.	(+)	+	
Sekuntilaskin	Tarkempi tieto tienkäyttäjälle: viivytyksestä aiheutuva turhautuminen ja riskikäyttäytyminen vähenee. Ajomukavuus paranee.	(+)	(+)	
Toimijoiden tiedottamisvastuiden selkeyttäminen	Tiedon lisääntyminen sekä sen tarkkuuden ja ajantasaisuuden parantuminen.	(+)	(+)	(+)
Tietyömaan liikennetilanteen ajantasainen tiedottaminen	Vaikutuksia tienkäyttäjien reitti- ja matkustusajankohtavalintoihin sekä ajokäyttäytymiseen työmaalla: varautuminen esim. varatun matkustusajan osalta ja parempi hyväksyttävyyys tiedon avulla. Muiden keinojen tehostuminen.	(+)	(+)	(+)

Taulukossa käytettävät lyhenteet:

TT = työntekijöiden turvallisuushyödyt

LT = liikenneturvallisuushyödyt

T = tuottavuushyödyt

Tilaajan toiminta ja sopimuskäytännöt

Toimenpide	Vaikutukset sujuvuuteen, turvallisuuteen ja tuottavuuteen	Sujuvuus	TT	LT	T
Ohjeiden tulkinnanvaraisuuden vähentäminen	Työmaiden yhtenäinen ilme riippumatta urakoitsijasta tai maantieteellisestä sijainnista selkeyttää työmaan läpi ajamista. Kilpailun tasoittuminen.	(+)	(+)	(+)	
Liikennemäärätiedon tarkentaminen	Ruuhkautuminen vähenee. Asetetut työskentelyajat vastaavat liikenteen kysyntää ja ovat perusteltuja. Tilaajan alueellisten toimintaerojen väheneminen.	+			(+)
Käytäntöjen yhtenäistäminen ELY-keskusten välillä	Kilpailun tasoittuminen, tilaajan alueellisten toimintaerojen väheneminen. Vaatimusten parempi perusteltavuus.	(+)			
Liikennejärjestelyjen eriyttäminen kokonaishinnasta	Työmaiden yhtenäinen ilme riippumatta urakoitsijasta tai maantieteellisestä sijainnista. Järjestelyissä huomioitu paremmin myös sujuvuus.	+		(+)	
Sanktiokäytäntöjen kehittäminen	Työmaan viivästyksiä pyritään aktiivisemmin välttämään. Vähemmän tietoista riskinottoa, työnaikaiset liikennejärjestelyt vastaavat paremmin vaatimuksia.	+			
Liikenteenohjaajien määrästä yhdessä sopiminen (päällystystöissä)	Kriittisissä risteyksissä liikenteenohjaus. Tienkäyttäjien epävarmuus ja ohjauksettomista risteyksistä tulevien riskikäyttäytyminen vähenee. Urakoitsijalla ei mahdollisuutta riskinoton kautta kustannussäästöön.	+	(+)	+	
Yötyöt (päällystystöissä)	Liikennemäärät alhaisempia: ruuhkautuminen vähenee ja työtunteja vuorokaudessa enemmän, jolloin työmaan kokonaiskesto lyhenee. Turvallisuusriski yöllä yleisempi vaarallinen ajokäyttäytyminen, turvallisuushyöty vähäisempi liikenne.	+		(+)	